

REDISEÑO DE UNA MAQUINA BOBINADORA DE CORDONES Y DE UNA  
MAQUINA CORTADORA DE CORDONES EN LA EMPRESA CORDEHILOS S.A

JUAN CAMILO PALACIO ARÉVALO

SANTIAGO GAVIRIA DE BEDOUT

ASESOR

SERGIO ARISTIZABAL RESTREPO

UNIVERSIDAD EAFIT  
ESCUELA DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO INGENIERIA MECANICA  
MEDELLÍN  
2010

## CONTENIDO

	Pág.
1 INTRODUCCIÓN.....	8
2 OBJETIVOS .....	9
2.1 GENERAL.....	9
2.2 ESPECÍFICOS.....	9
2.2.1 Objetivo 1 .....	9
2.2.2 Objetivo 2 .....	9
2.2.3 Objetivo 3 .....	9
2.2.4 Objetivo 4 .....	9
2.2.5 Objetivo 5 .....	9
2.2.6 Objetivo 6 .....	9
2.2.7 Objetivo 7 .....	9
3 ESTADO DEL ARTE .....	10
3.1 HISTORIA DE CORDEHILOS S.A.....	10
3.2 CONOCIMIENTOS EN TRANSMISIÓN DE POTENCIA MECÁNICA.....	10
3.3 CONOCIMIENTOS EN NEUMÁTICA.....	10
3.4 CONOCIMIENTOS EN PLC.....	11
3.5 CONOCIMIENTOS EN SENSORES .....	11
3.6 ESTADO ACTUAL DE LAS MAQUINAS A REDISEÑAR .....	12
3.6.1 Cortadora de Cordel .....	12
3.6.2 Bobinadora de Cordel.....	13
3.7 MAQUINAS EN EL MERCADO.....	13
3.7.1 CORTADORA DE CORDEL.....	13
3.7.2 BOBINADORA DE CORDEL .....	14
4 REVISIÓN BIBLIOGRAFICA .....	16
5 MODELACION GEOMETRICA.....	20
5.1 MODELACION GEOMETRICA CORTADORA.....	21
5.2 MODELACION GEOMETRICA BOBINADORA.....	25
6 DEFINICION DE COMPONENTES CRITICOS .....	27
6.1 BOBINADORA: .....	31

6.1.1	RESULTADOS .....	33
6.2	CORTADORA .....	35
6.2.1	RESULTADOS .....	37
7	GENERACION DE ALTERNATIVAS .....	39
7.1	BOBINADORA .....	40
7.2	Cortadora .....	45
7.3	RESULTADOS .....	50
7.3.1	Alternativas Cortadora .....	51
7.3.2	Alternativas Bobinadora .....	55
8	MAQUINADO DE LAS PIEZAS .....	57
8.1	MAQUINADO DE LAS PIEZAS CORTADORA .....	57
8.2	MAQUINADO DE LAS PIEZAS BOBINADORA .....	57
9	PROGRAMACION DE LOS PLC .....	58
9.1	PROGRAMACION CORTADORA .....	58
9.2	PROGRAMACION BOBINADORA .....	58
10	PUESTA A PUNTO Y PUESTA EN MARCHA DE LAS MAQUINAS .....	60
10.1	MONTAJE Y ENSAMBLE: .....	60
10.2	TERMINACION MECANICA, INSPECCION .....	61
10.3	PRUEBAS PREOPERATIVAS. ....	61
10.4	PUESTA EN MARCHA .....	61
10.5	PUESTA A PUNTO Y PUESTA EN MARCHA CORTADORA .....	63
10.6	PUESTA A PUNTO Y PUESTA EN MARCHA BOBINADORA .....	63
11	CONCLUSIONES .....	64
12	BIBLIOGRAFIA .....	67

## LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1. Bobinadora Bob-paralela .....	16
Ilustración 2. Cortadora HC-530 .....	17
Ilustración 3. Modelación Máquina Cortadora .....	21
Ilustración 4. Modelación Alimentación Máquina Cortadora .....	22
Ilustración 5. Modelación Corte Poliéster Máquina Cortadora .....	22
Ilustración 6. Modelación Corte Algodón Máquina Cortadora .....	23
Ilustración 7. Modelación Posición Actuador Máquina Cortadora .....	23
Ilustración 8. Planos Sistema Neumático Máquina Cortadora .....	24
Ilustración 9. Modelación Máquina Bobinadora .....	25
Ilustración 10. Modelación Mecanismo Máquina Bobinadora .....	26
Ilustración 11. Modelación Sistema de Transmisión de Potencia Máquina Bobinadora ...	26
Ilustración 12. Caja negra bobinadora .....	40
Ilustración 13. Estructura funcional bobinadora .....	41
Ilustración 14. Caja negra Cortadora .....	45
Ilustración 15. Estructura funcional Cortadora .....	46
Ilustración 16. Modelación Alternativa 1 Sistema de cuchillas Máquina cortadora .....	51
Ilustración 17. Modelación Alternativa 2 Sistema de cuchillas Máquina cortadora .....	51
Ilustración 18. Modelación Alternativa 3 Sistema de cuchillas Máquina cortadora .....	52
Ilustración 19. Modelación Alternativa 4 Sistema de cuchillas Máquina cortadora .....	52
Ilustración 20. Modelación Rediseño Final Sistema de cuchillas Máquina cortadora .....	53
Ilustración 21. Modelación Rediseño Final Corte de Algodón Máquina cortadora .....	53
Ilustración 22. Modelación Rediseño Final Sistema de Alimentación Máquina cortadora.	54
Ilustración 23. Modelación Rediseño Final Sujeción del Actuador Máquina cortadora .....	54
Ilustración 24. Modelación Rediseño Final Sujeción del Carrete Máquina Bobinadora ....	55
Ilustración 25. Esquema Alternativa 1 Sistema de bobinado Máquina Bobinadora .....	56

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Criterios de severidad .....	28
Tabla 2. Criterios de probabilidad de falla .....	29
Tabla 3. Criterios de probabilidad de detección .....	30
Tabla 4. Análisis del método AMEF .....	31
Tabla 5. Resultados método AMEF .....	32
Tabla 6. Análisis del método AMEF .....	35
Tabla 7. Resultados método AMEF .....	36
Tabla 8. Matriz morfológica Bobinadora.....	42
Tabla 9. Matriz morfológica Cortadora .....	47
Tabla 10. Decisión de las alternativas Máquina Cortadora .....	55

## LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1 Manual de operaciones máquina cortadora
- Anexo 2 Manual de operaciones máquina bobinadora
- Anexo 3 Ensamble Cuchilla original, máquina cortadora
- Anexo 4 Planos cuchilla agujeros, máquina cortadora
- Anexo 5 Planos cuchilla, máquina cortadora
- Anexo 6 Planos cuchilla placa, máquina cortadora
- Anexo 7 Planos hoja cuchilla, máquina cortadora
- Anexo 8 Planos cuchilla guía, máquina cortadora
- Anexo 9 Planos cuchilla soporte agujeros, máquina cortadora
- Anexo 10 Planos cuchilla soporte, máquina cortadora
- Anexo 11 Ensamble cuchilla rediseño, máquina cortadora
- Anexo 12 Planos soporte cuchilla rediseño, máquina cortadora
- Anexo 13 Planos ejes guía rediseño, máquina cortadora
- Anexo 14 Planos bujes rediseño, máquina cortadora
- Anexo 15 Planos soportes rediseño, máquina cortadora
- Anexo 16 Planos soporte guías rediseño, máquina cortadora
- Anexo 17 Planos ojal soporte rediseño, máquina cortadora
- Anexo 18 Planos soporte actuador rediseño, máquina cortadora
- Anexo 19 Ensamble soporte rediseño, máquina bobinadora
- Anexo 20 Planos guía soporte rediseño, máquina bobinadora
- Anexo 21 Planos carro soporte rediseño, máquina bobinadora
- Anexo 22 Planos buje soporte rediseño, máquina bobinadora
- Anexo 23 Planos lamina soporte rediseño, máquina bobinadora
- Anexo 24 Planos eje transmisión 1 rediseño, máquina bobinadora
- Anexo 25 Planos eje transmisión 2 rediseño, máquina bobinadora

Anexo 26 Planos eje transmisión 3 rediseño, máquina bobinadora

Anexo 27 Planos arandela transmisión rediseño, máquina bobinadora

Anexo 28 Anexos digitales

## ANEXOS DIGITALES

En el Cd de anexos digitales se encontrarán los planos de cada una de las máquinas suministrados por Colciencias, los cuales están en formato .dwg, los cuales se encuentran en las siguientes carpetas: BOBINADORA PLANOS DWG y CORTADORA PLANOS DWG.

De igual forma se encuentran las fotos en formato .jpg de las modelaciones que se encuentran en el trabajo, las cuales están en la carpeta: Fotos modelación.

Tambien hay una copia de los planos anexos de las dos maquinas, en formato .pdf.



## 1 INTRODUCCIÓN

Un cordel o cordón está compuesto principalmente por una base de algodón o poliéster, y algunos de éstos son reforzados con fibras sintéticas de acuerdo a las aplicaciones para las que fueron diseñados (De Neegard, 2006).

El cordel tiene muchos tipos de aplicaciones, la más básica que reúne todas las aplicaciones es como elemento de sujeción, ya sea para amarrar un par de zapatos, como para sujetar varias piezas con un fin determinado.

En la empresa Cordehilos S.A ubicada en la zona industrial de Sandiego (Calle 34 No. 44 A 25), se fabrican todo tipo de cordeles, desde decoración, cordones para zapatos hasta cuerdas de uso industrial. En esta empresa se usan dos métodos para la fabricación de los cordeles; se usan pequeños telares para fabricar cordones planos, y máquinas trenzadoras para fabricar los cordeles de geometría cilíndrica, en estas últimas se fabrican desde pequeños diámetros, como cordones para zapatos hasta grandes diámetros para uso industrial. (Ossa Espinel & Moreno, 2010). Estos dos tipos de máquinas almacenan el producto en unos recipientes, de donde son tomados y bobinados manualmente en diferentes presentaciones de acuerdo al tipo del cordel; luego de este proceso, si es requerido por el cliente, se llevan a la sección de corte donde los operarios manualmente desde los carretes miden las longitudes deseadas y los cortan con cuchillas.

Cordehilos S.A con el fin de optimizar sus procesos, con ayuda de Colciencias, decidieron fabricar unas máquinas para automatizar estos dos últimos procesos, el de bobinado y el de corte. Estas dos máquinas nunca fueron puestas en marcha debido a errores en el diseño y en la selección de componentes, por lo cual éstas están fuera de funcionamiento.

A partir de este problema, la empresa propuso que se adecuaran éstas máquinas y ponerlas en funcionamiento, el cual es el objetivo de este proyecto.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 GENERAL

Realizar un rediseño de las máquinas para cortar y bobinar cordeles de la empresa Cordehilos S.A, con el fin de devolver estas máquinas a su estado operacional.

### 2.2 ESPECÍFICOS

#### 2.2.1 Objetivo 1

Identificar las variables más relevantes en los procesos de bobinado y corte de los cordeles.

#### 2.2.2 Objetivo 2

Levantar los planos de las máquinas bobinadora y cortadora (Modelación 3D).

#### 2.2.3 Objetivo 3

Definir los componentes más críticos por los cuales los diseños pudieron haber fallado.

#### 2.2.4 Objetivo 4

Proponer alternativas de diseño de las máquinas con el fin de encontrar la solución más acertada para el proceso.

#### 2.2.5 Objetivo 5

Maquinar las piezas necesarias para cumplir con el rediseño.

#### 2.2.6 Objetivo 6

Realizar la programación de los PLC de las dos máquinas.

#### 2.2.7 Objetivo 7

Poner a punto y en marcha las máquinas bobinadora y cortadora.

### 3 ESTADO DEL ARTE

#### 3.1 HISTORIA DE CORDEHILOS S.A

“CORDEHILOS S.A. es una empresa colombiana dedicada a la producción y comercialización de toda clase de cordones en diferentes clases de tejidos como trenzados, tejido de punto y tejido plano siendo nuestras materias primas básicas el algodón, poliéster, nylon, polipropileno, yute, caucho entre otros en amplia gama de colores, nuestros productos son utilizados en el sector textil, marroquinería, cortinero, del calzado y la industria gráfica.

La empresa es de capital privado, 100% colombiano, fue fundada el 19 de Agosto de 1970. Nació como una compañía limitada, conformada por tres socios, con el transcurso del tiempo se ha expandido y desde 1996 se transformó en una sociedad anónima.” (Cordehilos)

#### 3.2 CONOCIMIENTOS EN TRANSMISIÓN DE POTENCIA MECÁNICA

Se denomina transmisión de potencia mecánica a un mecanismo encargado de transmitir potencia entre dos o más elementos de una máquina. (Budynas & Nisbett)

Para estas máquinas se usa una transmisión por poleas a través de bandas, las cuales se encargan de transmitir el movimiento del motor hacia los otros componentes giratorios.

El sistema de poleas es un sistema muy silencioso, el cual no requiere de lubricación y su montaje es de poco costo. (Budynas & Nisbett)

#### 3.3 CONOCIMIENTOS EN NEUMÁTICA

La neumática es una ciencia que hace uso del aire comprimido para transmitir energía, con el fin de producir movimiento o hacer funcionar mecanismos.

En la máquina cortadora, se hace uso de cilindros neumáticos de doble efecto, con los cuales se sujeta el cordel y se acciona el mecanismo de corte por cuchillas o por resistencia eléctrica, dependiendo del tipo de cordel. Los cilindros de doble efecto permiten la transmisión de potencia en dos sentidos. (Fernandez Bernal)

El control de los cilindros se hace mediante una válvula de tres vías y dos posiciones, la cual permite la transmisión de potencia en ambos sentidos. (Fernandez Bernal), este control permite sujetar y soltar el cordel, de igual forma accionar el mecanismo de corte.

### 3.4 CONOCIMIENTOS EN PLC

El PLC o controlador lógico programable, el cual como su nombre lo dice permite controlar una máquina o proceso a través de entradas y salidas, permitiendo la detección, el mando y el dialogo hombre máquina. Los componentes básicos a tener en cuenta para la programación de esta unidad son: Los contactos, las bobinas, los temporizadores y los contadores. (Blanco Barrera)

El PLC es el cerebro de estas máquinas, este permite el control de las longitudes a cortar o a bobinar, a partir de señales emitidas por diferentes tipos de sensores.

### 3.5 CONOCIMIENTOS EN SENSORES

Los sensores permiten medir magnitudes físicas o químicas, como temperaturas, posiciones, fuerzas. Estos tienen diferentes rangos de medidas, y pueden entregar señales análogas o digitales dependiendo del tipo de sensor y la aplicación requerida. Estos trabajan enviando estas señales a un computador o PLC al que estén conectados. (Wikipedia)

En estas máquinas se usan sensores de contacto para el sistema anti nudos, y para el sistema de guiado para bobinar. Estos sensores envían pulsos eléctricos cuando son accionados; existen normalmente abiertos y normalmente cerrados, para los diferentes tipos de aplicaciones. La diferencia entre estos reside en la señal que envían cuando son accionados.

El sensor de medición de longitudes, consta de un sensor óptico y un encoder, este sistema lo que hace es que el encoder gira con el movimiento del cordel y el sensor lee los pulsos generados por la geometría del encoder, esta señal se transforma en el PLC generando el dato de distancia.

### 3.6 ESTADO ACTUAL DE LAS MAQUINAS A REDISEÑAR

#### 3.6.1 Cortadora de Cordel

Actualmente esta máquina se encuentra fuera de servicio, debido a:

- Programación PLC:

Cuando esta máquina fue entregada la programación fue realizada indebidamente, ya que no fueron tenidos en cuenta las diferentes variables del proceso.

- Contador (Encoder):

El encoder fue mal maquinado, ya que sus medidas no son simétricas, generando errores en las distancias medidas.

- Sistema anti nudos:

Este sistema no funciona debido un mal maquinado y a un mal ajuste, ya que no es capaz de generar las señales correctas para indicar que se está presentando un nudo.

- Sistema de cuchillas:

El sistema de corte no funciona debido a que las cuchillas no están bien afiladas y no tienen un buen tratamiento térmico. Además el ajuste no es correcto, por lo cual no corta el cordel de manera correcta.

- Cabezal Móvil:

Esta parte de la maquina se diseñó para que fuera móvil, pero por errores en precisión queda golpeando con otras piezas, por lo cual anulaban su desplazamiento.

- Sistema de prensado:

Estas prensas fueron hechas en madera, este material no soportó la fatiga y se fracturaron partes de su estructura.

- Sistema neumático:

Este sistema se encuentran los actuadores y las válvulas, a estos hay que realizarles una prueba para determinar su estado operacional, además hay que realizar las diferentes conexiones.

### 3.6.2 Bobinadora de Cordel

Actualmente esta máquina se encuentra fuera de servicio, debido a:

- Sistema de sujeción:

Actualmente no se cuenta con un sistema de sujeción completo para los carretes sobre los cuales se bobina el cordel, además el brazo de sujeción no garantiza el ajuste adecuado.

- Programación PLC:

Cuando esta máquina fue entregada la programación fue realizada indebidamente, ya que no fueron tenidos en cuenta las diferentes variables del proceso.

- Sistema de guiado:

Este sistema no proporciona la precisión necesaria para llevar a cabo un correcto bobinado de los cordeles.

## 3.7 MAQUINAS EN EL MERCADO

### 3.7.1 CORTADORA DE CORDEL

AK-1000

Máquina cabeteadora automática para medir, cortar y fijar las puntas para cordones de zapato.

Modelos disponibles:

- Modelo 62" Para cordones hasta 1575 mm.

- Modelo 85" Para cordones hasta 2160 mm.
- Modelo 100" Para cordones hasta 2540 mm.
- Modelo 120" Para cordones hasta 3000 mm.

Esta máquina permite cortar y cabetear toda clase de cordones de zapatos, cordones de corsé, con acetato de celulosa y acetona. Estos materiales están soldados en caliente.

La velocidad y el embrague de la maquina están controlados electrónicamente.

Las longitudes seleccionadas de cordones se cortan utilizando el cuchillo en caliente.

- Reglaje de la temperatura de fijación de 70 a 310 C.
- Matriz de acero intercambiable según los diámetros de cordones a cabetear.
- Para la fijación de cordones es necesario emplear film de acetato y acetona.
- Micro detector de nudos.
- Dispositivo de emergencia del embrague.
- Sistema de pinzamiento del cordón.
- Sistema automático de cambio de carga de cordones.
- Consumo eléctrico: 700 W /Hora.
- Diámetros de matrices disponibles: 2, 2.2, 2.5, 2.8, 3, 3.2, 3.5, 3.8, 4 y 4.2 mm.

(RIUS, RIUS)

### 3.7.2 BOBINADORA DE CORDEL

#### BOB-PARALELA

Bobinadora especialmente diseñada para trabajar directamente desde máquinas cordoneras de aguja RIUS, para el bobinado del producto final en bobinas (con valonas).

- Diámetro máximo de bobinas: 270 mm.
  - Ancho máximo de bobinas: 250 mm.
  - Tipo de bobinado: Paralelo.
  - Vaivén regulable para poder bobinar distintos anchos de cintas (mediante sistema UHING).
  - Vaivén regulable para poder bobinar distintos anchos de bobinas (mediante sistema UHING).
  - Tensión de entrada regulable para optimizar el plegado.
  - Paro del sistema de bobinado mediante alcance del metraje seleccionado en la máquina de cordón.
  - Conexión paro y marcha con la máquina de cordón.
- (RIUS, RIUS)



#### 4 REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

Para la revisión bibliográfica en primer lugar se investigo dentro del mercado acerca de diferentes maquinas que cumplan funciones similares, con el fin de orientar el rediseño de estas dos maquinas.

En esta búsqueda se encontraron las siguientes maquinas que pueden sernos útiles:

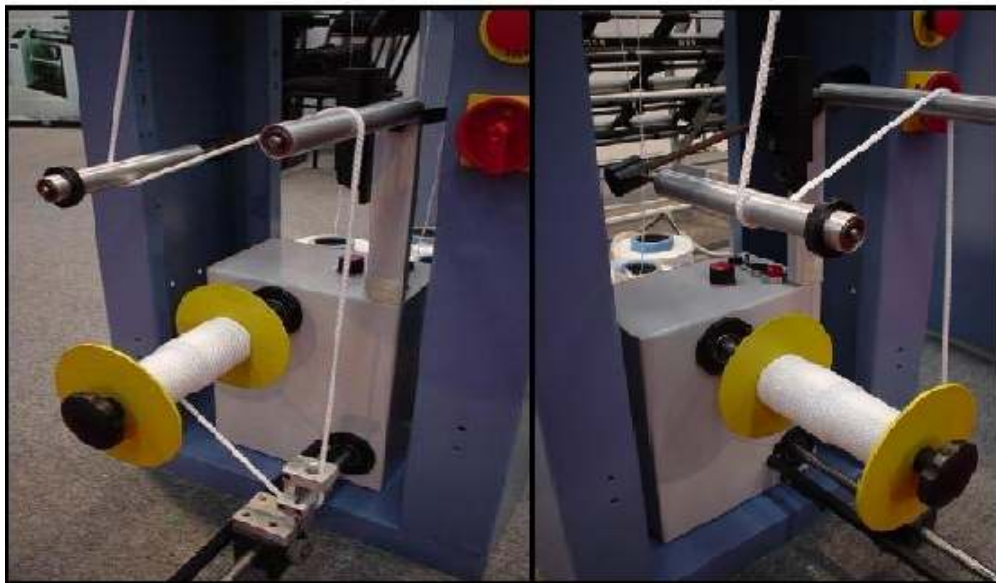
Bobinadora:

##### Ilustración 1. Bobinadora Bob-paralela

###### **BOBINADORA AUTOMATICA PARA CUERDAS Y CORDONES**

Bobinadora especialmente diseñada para trabajar directamente desde máquinas cordoneras de aguja RIUS, para el bobinado del producto final en bobinas (con valonas).

- Diámetro máximo de bobinas: 270 mm.
- Ancho máximo de bobinas: 250 mm.
- Tipo de bobinado: Paralelo.
- Vaivén regulable para poder bobinar distintos anchos de cintas (mediante sistema UHING).
- Vaivén regulable para poder bobinar distintos anchos de bobinas (mediante sistema UHING).
- Tensión de entrada regulable para optimizar el plegado.
- Paro del sistema de bobinado mediante alcance del metraje seleccionada en la máquina de cordón.
- Conexión paro y marcha con la máquina de cordón.



(RIUS, RIUS)

Cortadora:

## Ilustración 2. Cortadora HC-530

Modelo: HC-530

Máquina de corte automático en caliente y frío

Alimentación eléctrica: 110 V

Velocidad de alimentación: Ajustable hasta 13" por segundo

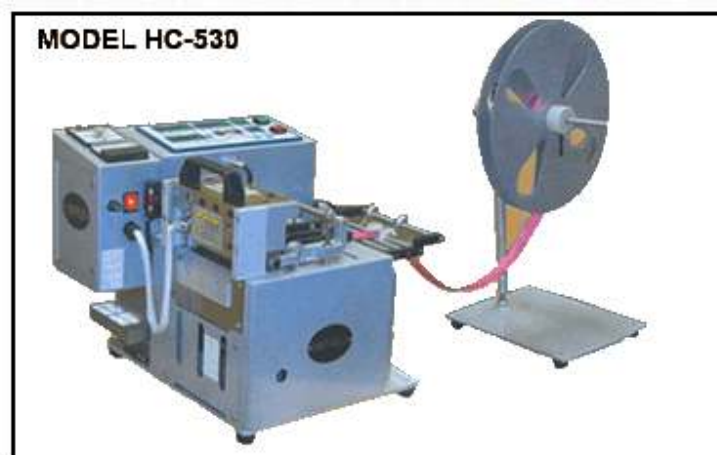
Longitud de corte: Aproximadamente 400 pies

Ancho de corte: 4"

Tolerancia: .05% del corte total

Cantidad: Hasta 99,999 piezas

Seguridad: Sensor de cobertura de la cuchilla, paro automático.



(Sheffield)

De igual forma en esta revisión se buscaron textos y manuales que nos sirvieran de guía en las diferentes áreas o aplicaciones que requiera el proyecto, algunos de estos son:

- Diseño en ingeniería mecánica, Shigley, Mitchell.
- Manual de neumática, FESTO

- Engineering Design, G. Pahl y W. Beitz
- Microsistema SIMATIC S7-200, SIEMENS
- Diapositivas clase diseño metódico EAFIT 2010-1, Santiago Bravo

Continuando con la revisión bibliográfica tuvimos algunas entrevistas con personas que tuvieron un contacto directo con la recepción y pruebas piloto que se le realizaron a dichas maquinas en la empresa Cordehilos S.A.

Estas entrevistas fueron realizadas a uno de los socios de la compañía, al gerente y al jefe de planta, los tres coincidieron en que estas maquinas fueron hechas sin contar con el tiempo necesario, por lo cual muchos de sus componentes no son los adecuados, además de tener errores de concepción. (Ossa Espinel & Moreno, 2010)

El objetivo con estas entrevistas era conocer las principales dificultades que tenían las dos maquinas y comprender más a fondo su funcionamiento y variables del proceso.

De estas entrevistas obtuvimos algunos datos muy importantes que nos sirven como punto de partida para este proyecto, a continuación vamos a mencionar cada uno de ellos con su máquina respectiva.

- Bobinadora:
  - Error en la concepción del sistema de sujeción del carrete.
  - Problemas en la selección de componentes del sistema de encarrilado.
  - Error en la programación del PLC.
  - Errores de diseño, fabricación y montaje de la sensórica de la maquina.
- Variables del proceso:
  - Tamaño del carrete.
  - Longitud del cordón a bobinar.
  - Grosor del cordón a bobinar.
  - Velocidad de bobinado.
- Cortadora:
  - Error en la programación del PLC.

- Errores de diseño, fabricación y montaje de la sensórica de la maquina.
- Problemas de fabricación de los componentes del sistema anti nudos.
- Error en la concepción del sistema de cuchillas.
- Error de fabricación del cabezal móvil.
- Error en la selección de materiales para el sistema de prensado.
- Errores en la concepción del sistema neumático.
- Variables del proceso:
  - Material de cordón a cortar (algodón o poliéster).
  - Longitud del cordón a cortar.
  - Velocidad de corte.

## 5 MODELACION GEOMETRICA

Para la modelación geométrica contamos con la ayuda de algunos planos ya existentes de las dos maquinas, suministrados directamente por la empresa. A partir de estos comenzamos con la modelación verificando todas las dimensiones de los planos con respecto a los de las maquinas y levantando los planos de las piezas faltantes.

Este proceso de modelación fue llevado a cabo con ayuda del software para diseño geométrico SolidWorks.

En este punto todos los planos de las piezas y los ensamble corresponden al estado en que se encontraban las maquinas antes de comenzar con algún tipo de intervención por parte nuestra, por esta razón este fue el punto de partida para poder comenzar con la generación de alternativas y su correcto dimensionamiento de acuerdo a las piezas y ensamble de las maquinas.

También se anexaran los planos de todas las piezas suministrados por Colciencias para cada una de las maquinas (Ver anexo digital)

## 5.1 MODELACION GEOMETRICA CORTADORA

Modelación de la maquina cortadora antes de ser intervenida, realizada en SolidWorks 2010.

Ilustración 3. Modelación Máquina Cortadora

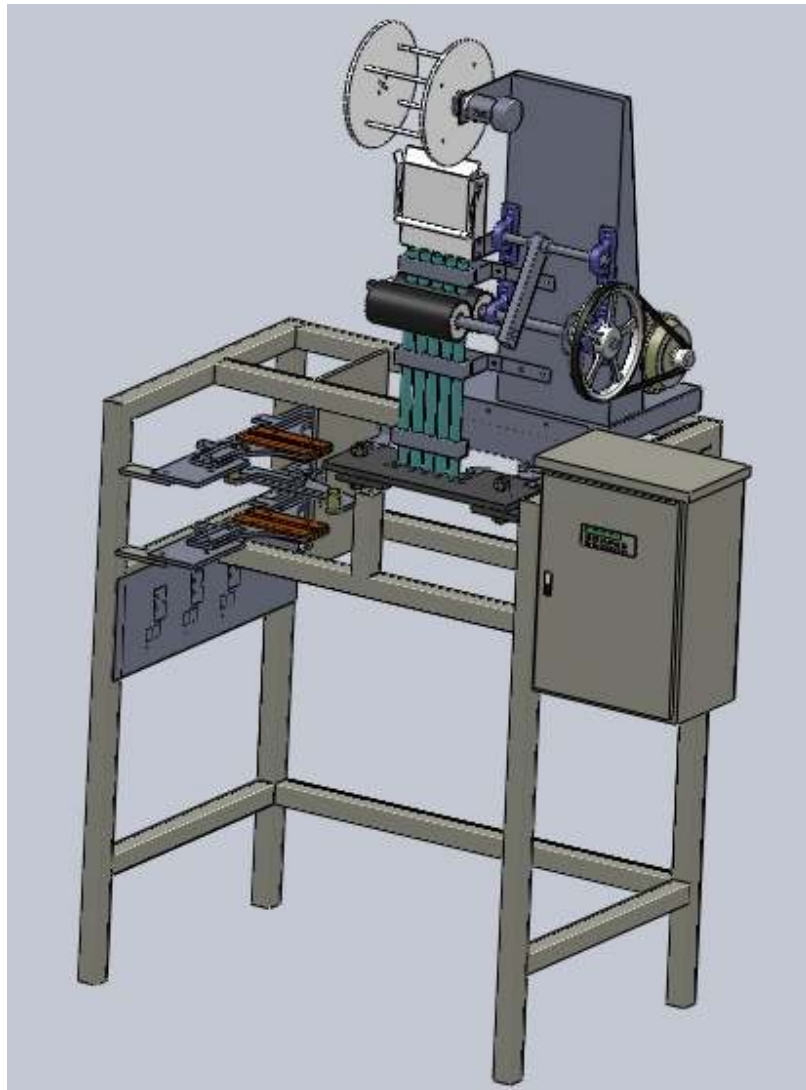


Ilustración 4. Modelación Alimentación Máquina Cortadora

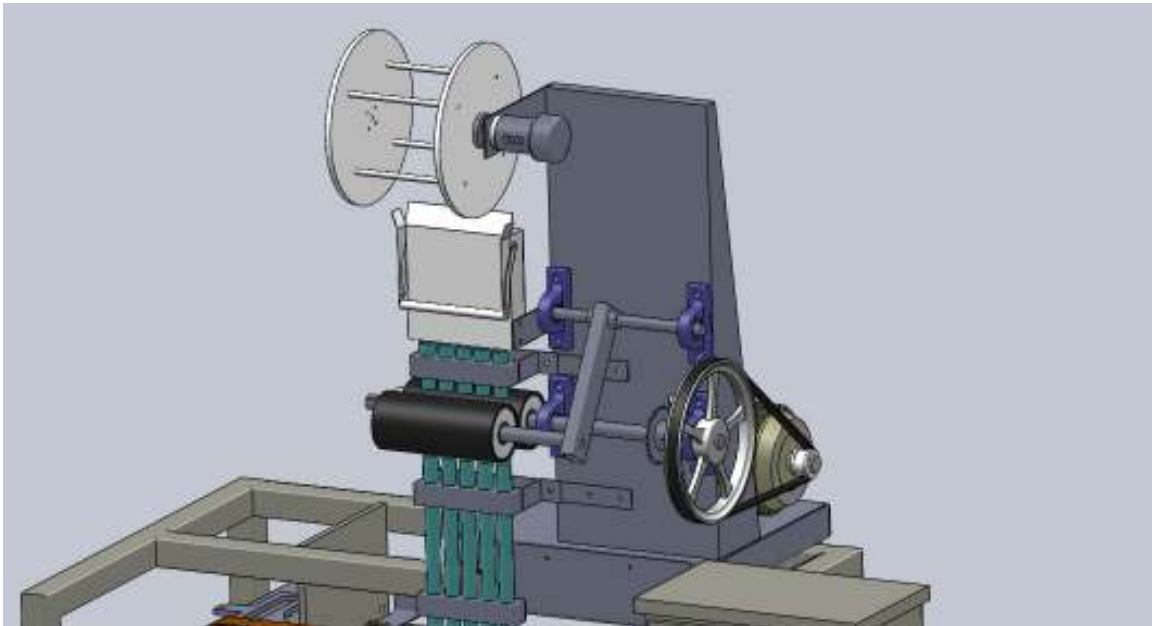


Ilustración 5. Modelación Corte Poliéster Máquina Cortadora

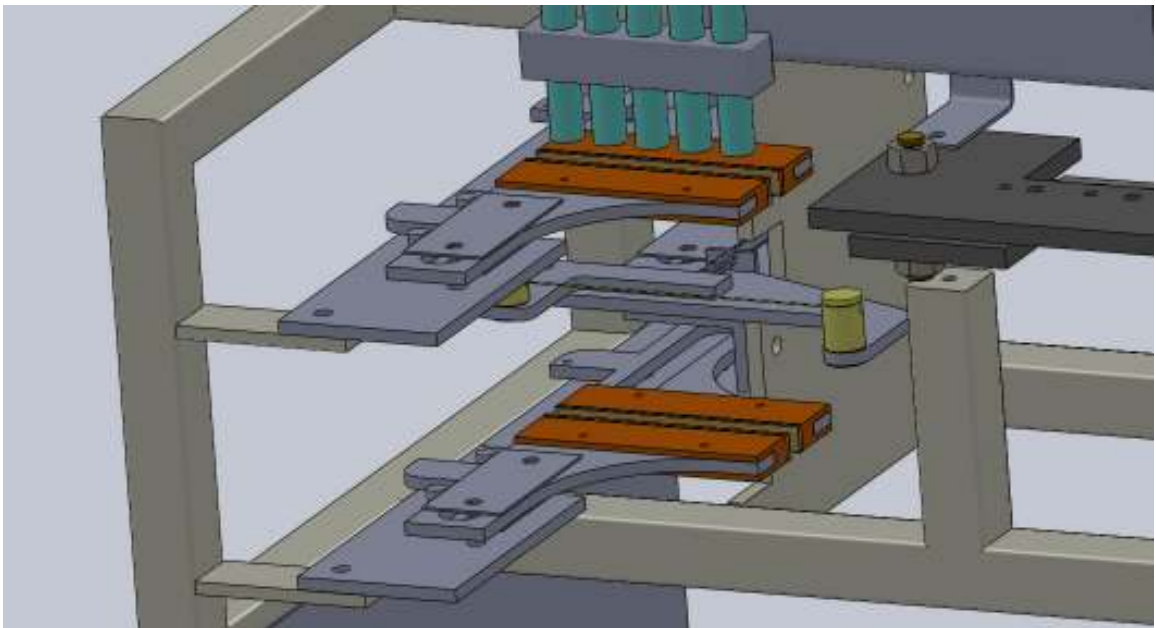


Ilustración 6. Modelación Corte Algodón Máquina Cortadora

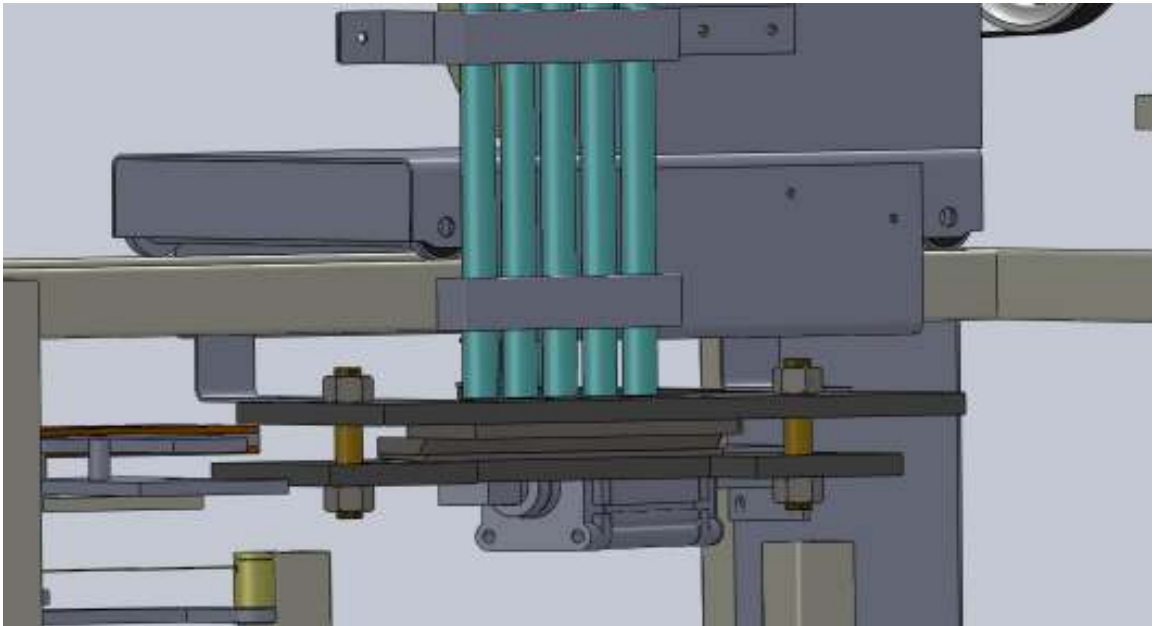


Ilustración 7. Modelación Posición Actuador Máquina Cortadora

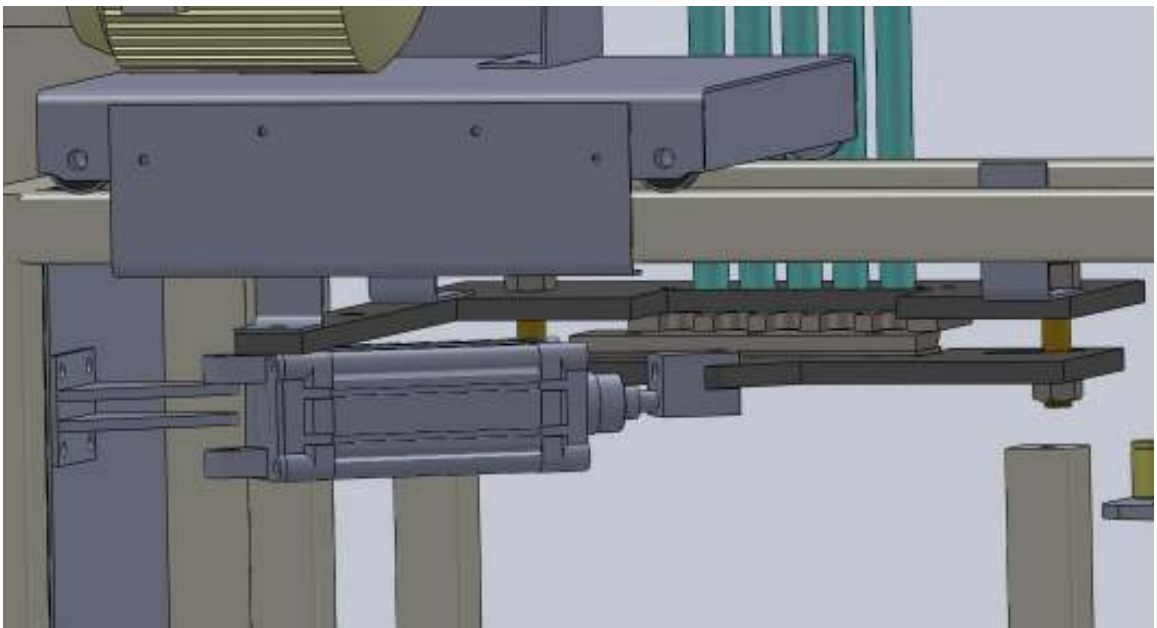
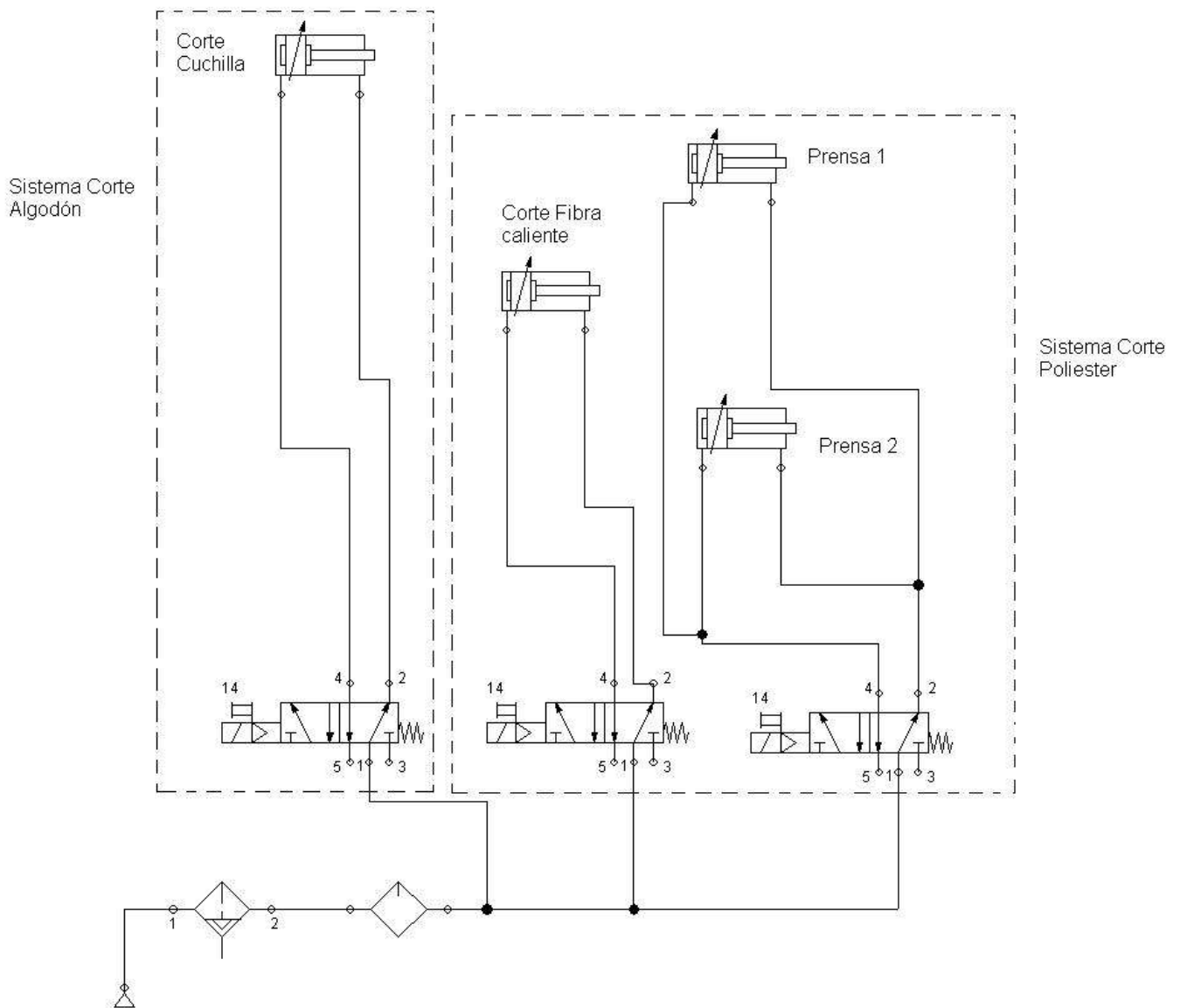




Ilustración 8. Planos Sistema Neumático Máquina Cortadora



## 5.2 MODELACION GEOMETRICA BOBINADORA

Modelación de la maquina bobinadora antes de ser intervenida, realizada en SolidWorks 2010.

Ilustración 9. Modelación Máquina Bobinadora

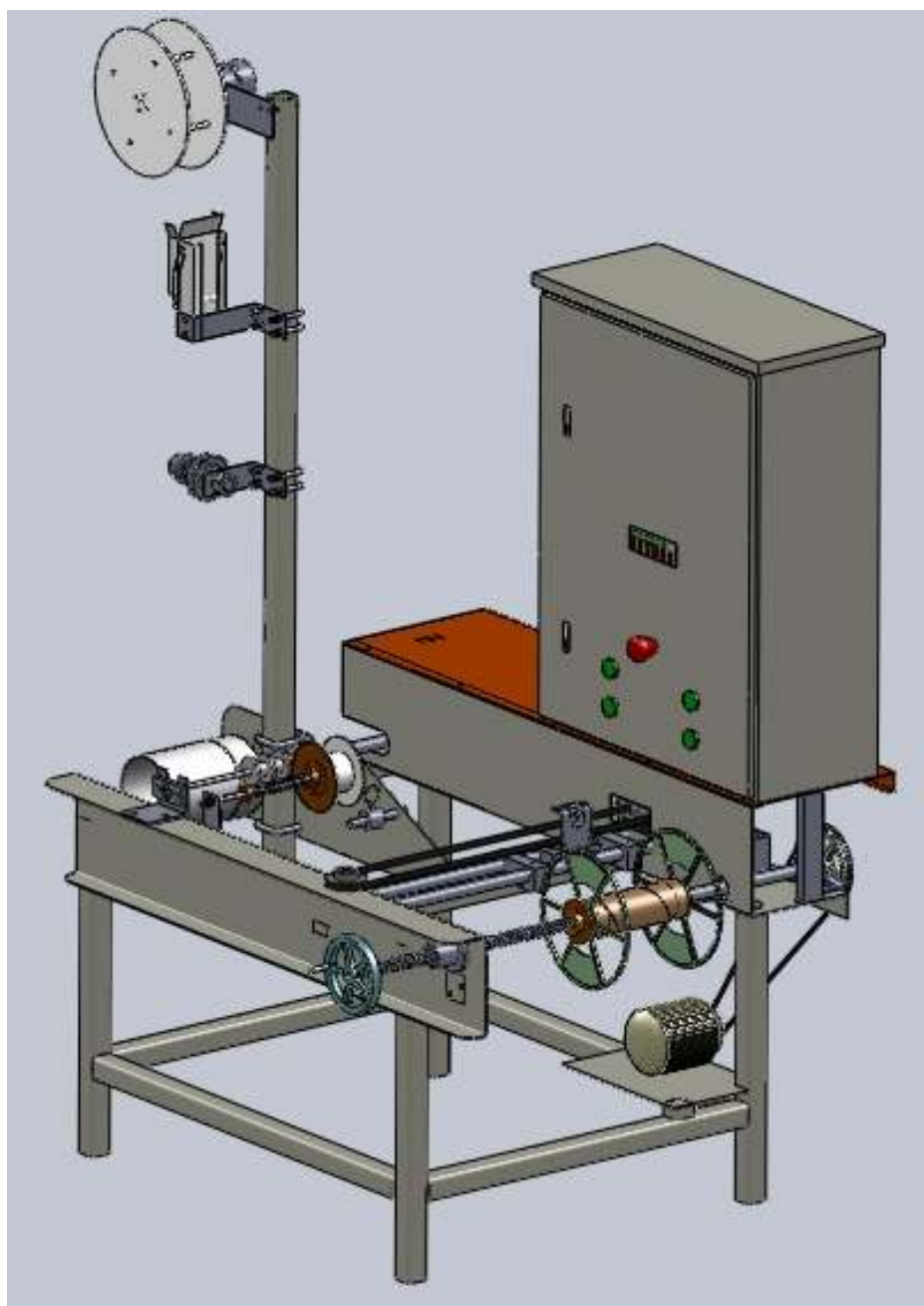


Ilustración 10. Modelación Mecanismo Máquina Bobinadora

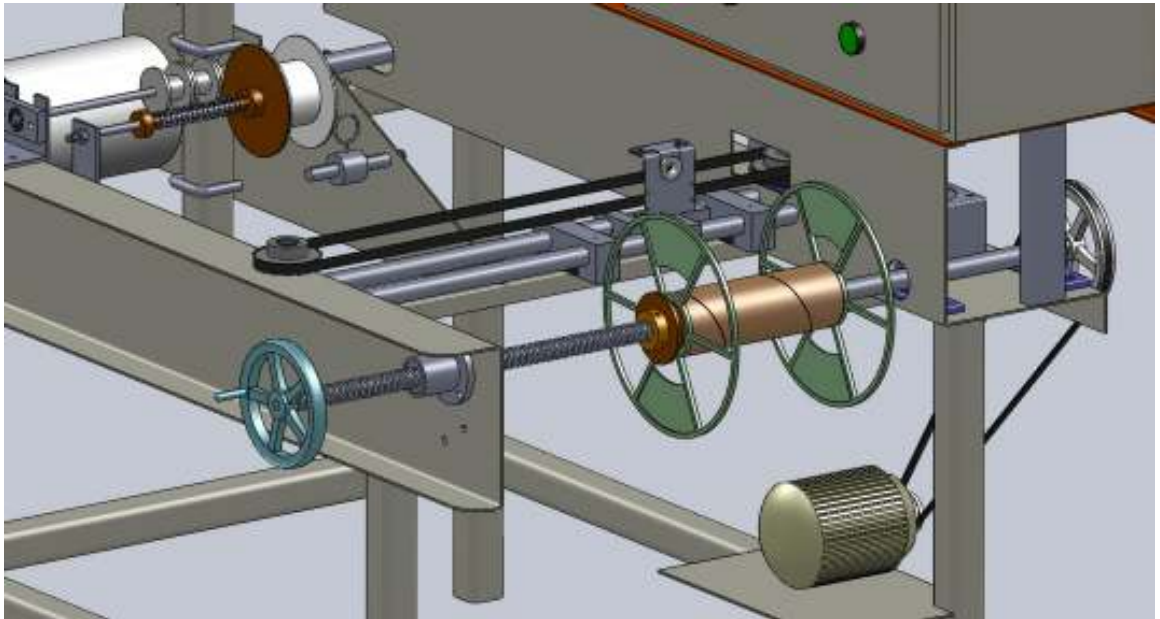
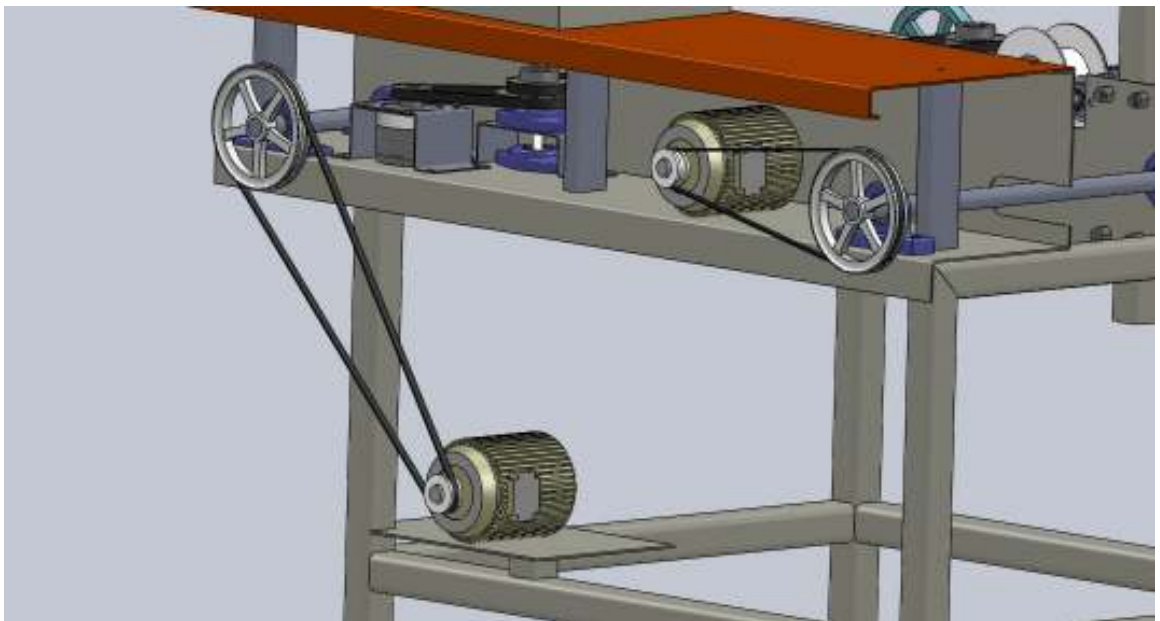


Ilustración 11. Modelación Sistema de Transmisión de Potencia Máquina Bobinadora



## 6 DEFINICION DE COMPONENTES CRITICOS

La definición de los componentes más críticos, por los cuales se pudo haber producido la falla de las dos maquinas, será analizado mediante el método de Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF) (Pahl & Beitz, 2007), este es un método usado en las diferentes metodologías de diseño para evaluar el diseño inicial para conocer sus puntos críticos, con el fin de seleccionar el diseño más indicado para resolver la tarea propuesta. En nuestro caso, esta herramienta es muy eficiente, ya que para hacer un rediseño se debe pensar que componentes son los que hacen más crítico el diseño y pueden generar dificultades en el momento de cumplir la tarea para la cual fue diseñada la maquina. A continuación presentaremos el análisis y los resultados obtenidos a partir de este método.

Tabla 1. Criterios de severidad

EFEECTO	CRITERIO: SEVERIDAD DE EFECTO	GRADO
Peligroso sin aviso:	Puede poner en peligro la persona. Un riesgo de severidad muy alto, involucra falta de cumplimiento con reglamentos gubernamentales sin aviso.	10
Peligroso con aviso:	Puede poner en peligro la persona o al prestador de servicio. Un riesgo de severidad muy alto.	9
Muy alto:	Interrupción seria en la fábrica. Cliente muy insatisfecho.	8
Alto:	Interrupción menor. Cliente insatisfecho.	7
Moderado:	El cliente experimenta incomodidad.	6
Bajo:	El cliente está un poco insatisfecho.	5
Muy bajo:	Defecto notado por la mayoría de los clientes.	4
Menor:	Defecto notado por los clientes promedio.	3
Mínimo:	Defecto notado por cliente muy exigente.	2
Ninguno:	Sin defecto	1

(Pahl & Beitz, 2007)

Tabla 2. Criterios de probabilidad de falla

PROBABILIDAD DE FALLA		GRADO
Muy alta:	La falla es casi inevitable.	10
Alta:	Generalmente asociado con productos similares a otros anteriores que han fallado a menudo.	8
Moderada:	Generalmente asociado con productos similares a otros que han experimentado fallas ocasionales, pero no en proporciones mayores.	6
Baja:	Características aisladas asociadas con productos similares.	3
Muy baja:	Solo características aisladas asociadas con productos idénticos.	2
Remota:	La falla es improbable. No ha habido nunca fallas asociadas con productos casi idénticos.	1

(Pahl & Beitz, 2007)

Tabla 3. Criterios de probabilidad de detección

DETECCION	CRITERIO: Probabilidad de detección	GRADO
Casi imposible:	No hay controles conocidos para detectar el modo de falla.	10
Muy remoto:	Probabilidad muy remota de que los controles corrientes detectarán la forma de falla.	9
Remoto:	Probabilidad remota de que los controles actuales detectarán el modo de falla.	8
Muy bajo:	Probabilidad muy baja de que los controles actuales detectarán el modo de falla.	7
Bajo:	Probabilidad baja de que los controles actuales detectarán el modo de falla.	6
Moderado:	Probabilidad moderada de que los controles actuales detectarán el modo de falla.	5
Moderadamente alta:	Probabilidad moderadamente alta de que los controles actuales detectarán el modo de falla.	4
Alta:	Probabilidad alta de que los controles actuales detectarán el modo de falla.	3
Muy alta:	Probabilidad muy alta de que los controles actuales detectarán el modo de falla.	2
Casi seguro:	Es casi seguro que los controles actuales detecten la manera de falla. Reconocen controles confiables de detección con procesos similares.	1

(Pahl & Beitz, 2007)

## 6.1 BOBINADORA:

A continuación se presentara el método AMEF para cada uno de los componentes de la maquina bobinadora.

Tabla 4. Análisis del método AMEF

NOMBRE DE LA PARTE	FUNCION DE LA PARTE	MODO DE FALLA POTENCIAL	EFFECTO DE LA FALLA	CAUSA DE LA FALLA	CONTROLES ACTUALES
CHASIS	SOSTENER Y ALINEAR LOS COMPONENTES	FRACTURA, PANDEO	PARO DE LA MAQUINA	FATIGA	VISUAL
MOTOR 1	TRANSMITIR POTENCIA	SOBRECALENTAMIENTO	SUMINISTRO INCORRECTO DEL CORDON	ALTA TENSION, SOBRECARGA	TACTO / MTTO
CARRETE MOTOR 1	SUMINISTRAR Y GUIAR EL CORDON EN LA MAQUINA	FRACTURA, DESBALANCEO	PARO DE LA MAQUINA	FATIGA	VISUAL / MTTO
DISPOSITIVO ANTINUDOS	DETECTAR POSIBLES NUDOS EN EL CORDON	DESAJUSTE	PROBLEMAS DE CALIDAD, PARO DE LA MAQUINA	FATIGA, FALTA DE MANTENIMIENTO	VISUAL / MTTO
SENSORES DE FIN DE CARRERA 1	SENSAR MOVIMIENTO DEL DISPOSITIVO ANTINUDOS	DESGASTE, FRACTURA	PROBLEMAS DE CALIDAD, PARO DE LA MAQUINA	DESGASTE	N/A
SISTEMA DE TENSION	DARLE TENSION AL CORDON	DESGASTE, FRACTURA	PROBLEMAS DE CALIDAD	ROZAMIENTO, FATIGA, LUBRICACION INADECUADA	VISUAL / MTTO
SISTEMA DE GUIAS	GUIAR Y POSICIONAR EL CORDON	ATASCAMIENTO, FRACTURA, DESGASTE	PARO DE LA MAQUINA	FATIGA, LUBRICACION INADECUADA	VISUAL / MTTO
ENCODER	MEDIR LA LONGITUD DEL CORDON	MALA LECTURA	PROBLEMAS DE CALIDAD	ERROR EN EL DISEÑO O FABRICACION	N/A
OJAL	EVITAR QUE EL CORDON SE DESCARRILE	DESGASTE, FRACTURA	PROBLEMAS DE CALIDAD, PARO DE LA MAQUINA	FATIGA	VISUAL / MTTO
MOTOR PASO A PASO	GENERAR UN MOVIMIENTO LINEAL	SOBRECALENTAMIENTO	PROBLEMAS DE CALIDAD, PARO DE LA MAQUINA	ALTA TENSION, SOBRECARGA	TACTO / MTTO
CARRO GUIA	DISTRIBUIR UNIFORMEMENTE EL CORDON EN EL CARRETE	ATASCAMIENTO, DESBALANCEO	PROBLEMAS DE CALIDAD, PARO DE LA MAQUINA	FATIGA, LUBRICACION INADECUADA	VISUAL / MTTO
SENSORES DE FIN DE CARRERA 2	SENSAR DESPLAZAMIENTO FINAL DEL CARRO GUIA	DESGASTE, FRACTURA	PROBLEMAS DE CALIDAD, PARO DE LA MAQUINA	DESGASTE	N/A
SISTEMA DE SUJECION	SOSTENER Y POSICIONAR EL CARRETE	DESBALANCEO, FRACTURA	PROBLEMAS DE CALIDAD	FATIGA, DESGASTE	VISUAL / MTTO
MOTOR 2	TRANSMITIR POTENCIA	SOBRECALENTAMIENTO	PARO DE LA MAQUINA	ALTA TENSION, SOBRECARGA	TACTO / MTTO
PLC	AUTOMATIZAR EL PROCESO	ERROR COMUNICACIÓN, PROGRAMACION	PARO DE LA MAQUINA	ALTA TENSION, ERROR PROGRAMACION	PRUEBAS EN VACIO



Tabla 5. Resultados método AMEF

NOMBRE DE LA PARTE	GRADO SEVERIDAD	GRADO OCURRENCIA	GRADO DETECCION	NPR
ENCODER	6	8	8	384
SISTEMA DE SUJECION	7	8	5	280
SENSORES DE FIN DE CARRERA 2	5	6	6	180
SENSORES DE FIN DE CARRERA 1	4	6	6	144
CARRO GUIA	6	6	4	144
PLC	7	3	6	126
MOTOR PASO A PASO	7	4	4	112
SISTEMA DE TENSION	4	6	4	96
MOTOR 1	7	3	3	63
MOTOR 2	7	3	3	63
CARRETE MOTOR 1	6	3	3	54
DISPOSITIVO ANTINUDOS	4	4	3	48
SISTEMA DE GUIAS	7	3	2	42
CHASIS	9	1	3	27
OJAL	3	3	3	27

### 6.1.1 RESULTADOS

A partir de la metodología AMEF obtuvimos algunos componentes críticos en la maquina, los cuales serán usados como punto de partida para el rediseño de esta máquina. Estos componentes en orden de criticidad son:

- Encoder:

Sistema de medición de longitud del cordón. Este puede presentar errores de medición debido a errores en la fabricación del disco usado para medir los pulsos, además se debe revisar la precisión del sensor usado para esta tarea.

- Sistema de sujeción:

Sistema de agarre del carrete. En este dispositivo se presentan problemas debido a que la concepción de la idea no fue la correcta, ya que se generan altas vibraciones debido a un desbalanceo por el acople de las piezas. Además se puede ver que este dispositivo es muy robusto para la tarea para la cual fue diseñado.

- Sensores de fin de carrera 1:

Sensores que determinan si se presenta algún nudo en el cordón que está siendo bobinado, este tipo de sensores pueden no ser los más adecuados para esta tarea debido a que se puede presentar un desgaste en sus componentes.

- Sensores de fin de carrera 2:

Determinan el recorrido final del carro guía dependiendo de la longitud del carrete usado. Debido a un posible desgaste se debe analizar otros tipos de sensores para esta tarea.

- Carro guía:

Es el encargado del bobinado del cordón, ya que es el que guía este a lo largo del carrete. En este dispositivo se pueden presentar algunos atrancamientos por elementos extraños, por lo cual se debe buscar un diseño que evite estos problemas.

- PLC:

Es el encargado de la automatización de la maquina. No se conoce a profundidad como fue programado, por lo cual se deberá programar de nuevo de acuerdo a los nuevos diseños.

- Motor paso a paso:

Se encarga de generar el movimiento lineal sobre el carro guía en ambas direcciones, mediante un sistema de bandas dentadas. Hay que chequear la precisión del motor para esta tarea.

- Sistema de tensión:

Se encarga de darle tensión al cordón a lo largo del proceso, mediante un sistema de platos y resortes. Se pueden generar desgastes en sus partes, generando atrancamientos o falta de tensión en el cordón.

## 6.2 CORTADORA

A continuación se presentara el método AMEF para cada uno de los componentes de la maquina cortadora.

Tabla 6. Análisis del método AMEF

NOMBRE DE LA PARTE	FUNCION DE LA PARTE	MODO DE FALLA POTENCIAL	EFECTO DE LA FALLA	CAUSA DE LA FALLA	CONTROLES ACTUALES
CHASIS	SOSTENER Y ALINERA LOS COMPONENTES	FRACTURA, PANDEO	PARO DE LA MAQUINA	FATIGA	VISUAL
MOTOR 1	TRANSMITIR POTENCIA	SOBRECALENTAMIENTO	SUMINISTRO INCORRECTO DEL CORDON	ALTA TENSION, SOBRECARGA	TACTO / MTTO
CARRETE MOTOR 1	SUMINISTRAR Y GUIAR EL CORDON EN LA MAQUINA	FRACTURA, DESBALANCEO	PARO DE LA MAQUINA	FATIGA	VISUAL / MTTO
CABEZAL MOVIL	GUIAR EL CORDON AL CORTE EN FRIJO O EN CALIENTE	FRACTURA, ATASCAMIENTO	PARO DE LA MAQUINA	FATIGA, CUERPO EXTRAÑO	VISUAL / MTTO
DISPOSITIVO ANTINUDOS	DETECTAR POSIBLES NUDOS EN EL CORDON	DESAJUSTE	PROBLEMAS DE CALIDAD, PARO DE LA MAQUINA	FATIGA, FALTA DE MANTENIMIENTO	VISUAL / MTTO
SENSORES DE FIN DE CARRERA	SENSAR MOVIMIENTO DEL DISPOSITIVO ANTINUDOS	DESGASTE, FRACTURA	PROBLEMAS DE CALIDAD, PARO DE LA MAQUINA	DESGASTE	N/A
MOTOR 2	TRANSMITIR POTENCIA	SOBRECALENTAMIENTO	PARO DE LA MAQUINA	ALTA TENSION, SOBRECARGA	TACTO / MTTO
ENCODER	MEDIR LA LONGITUD DEL CORDON	MALA LECTURA	PROBLEMAS DE CALIDAD	ERROR EN EL DISEÑO O FABRICACION	N/A
RODILLOS	SUMINISTRAR Y TENSAR EL CORDON EN LA MAQUINA	DESGASTE, ATASCAMIENTO	PROBLEMAS CALIDAD, PARO DE LA MAQUINA	DESGASTE, CUERPO EXTRAÑO	VISUAL / MTTO
SISTEMA DE GUIAS	GUIAR EL CORDON	DESGASTE, ATASCAMIENTO	PROBLEMAS CALIDAD, PARO DE LA MAQUINA	DESGASTE, CUERPO EXTRAÑO	VISUAL / MTTO
ELECTROVALVULA CUCHILLAS	CONTROLAR Y DIRECCIONAR FLUJO DE AIRE COMPRIMIDO	DESGASTE	PROBLEMAS CALIDAD, PARO DE LA MAQUINA	DESGASTE	MTTO
ACTUADOR CUCHILLAS	GENERAR MOVIMIENTO LINEAL	DESGASTE, FRACTURA, ATASCAMIENTO	PROBLEMAS CALIDAD, PARO DE LA MAQUINA	DESGASTE, FALTA DE MTTO	VISUAL / MTTO
SISTEMA DE CUCHILLAS	CORTAR EL CORDON A PARTIR DEL CIZALLAMIENTO	DESGASTE, FRACTURA, DESALINEACION	PROBLEMAS CALIDAD, PARO DE LA MAQUINA	DESGASTE	VISUAL / MTTO
ELECTROVALVULA PRENSAS	CONTROLAR Y DIRECCIONAR FLUJO DE AIRE COMPRIMIDO	DESGASTE	PROBLEMAS CALIDAD, PARO DE LA MAQUINA	DESGASTE	MTTO
ACTUADOR PRENSA 1	GENERAR MOVIMIENTO LINEAL	DESGASTE, FRACTURA, ATASCAMIENTO	PROBLEMAS CALIDAD, PARO DE LA MAQUINA	DESGASTE, FALTA DE MTTO	VISUAL / MTTO
PRENSA 1	PRENSAR EL CORDON	FRACTURA, DESGASTE	PROBLEMAS CALIDAD, PARO DE LA MAQUINA	DESGASTE, MATERIAL INCORRECTO	VISUAL
ACTUADOR PRENSA 2	GENERAR MOVIMIENTO LINEAL	DESGASTE, FRACTURA, ATASCAMIENTO	PROBLEMAS CALIDAD, PARO DE LA MAQUINA	DESGASTE, FALTA DE MTTO	VISUAL / MTTO
PRENSA 2	PRENSAR EL CORDON	FRACTURA, DESGASTE	PROBLEMAS CALIDAD, PARO DE LA MAQUINA	DESGASTE, MATERIAL INCORRECTO	VISUAL
ELECTROVALVULA RESISTENCIA	CONTROLAR Y DIRECCIONAR FLUJO DE AIRE COMPRIMIDO	DESGASTE	PROBLEMAS CALIDAD, PARO DE LA MAQUINA	DESGASTE	MTTO
ACTUADOR RESISTENCIA	GENERAR MOVIMIENTO LINEAL	DESGASTE, FRACTURA, ATASCAMIENTO	PROBLEMAS CALIDAD, PARO DE LA MAQUINA	DESGASTE, FALTA DE MTTO	VISUAL / MTTO
SISTEMA RESISTENCIA	CORTAR EL CORDON CON UN FILAMENTO CALIENTE	TEMPERATURA INADECUADA	PROBLEMAS CALIDAD, PARO DE LA MAQUINA	ALTA TENSION, BAJA TENSION	MEDICION DE TEMPERATURA
PLC	AUTOMATIZAR EL PROCESO	ERROR COMUNICACIÓN, PROGRAMACION	PARO DE LA MAQUINA	ALTA TENSION, ERROR PROGRAMACION	PRUEBAS EN VACIO

Tabla 7. Resultados método AMEF

NOMBRE DE LA PARTE	GRADO SEVERIDAD	GRADO OCURRENCIA	GRADO DETECCION	NPR
ENCODER	6	8	8	384
SISTEMA DE CUCHILLAS	7	6	5	210
PRENSA 1	6	8	4	192
PRENSA 2	6	8	4	192
SENSORES DE FIN DE CARRERA	5	6	6	180
CABEZAL MOVIL	7	6	4	168
PLC	7	3	6	126
RODILLOS	6	3	4	72
MOTOR 1	7	3	3	63
MOTOR 2	7	3	3	63
SISTEMA DE GUIAS	5	3	4	60
CARRETE MOTOR 1	6	3	3	54
DISPOSITIVO ANTINUDOS	4	4	3	48
ELECTROVALVULA CUCHILLAS	8	2	3	48
ACTUADOR CUCHILLAS	8	2	3	48
ELECTROVALVULA PRENSAS	8	2	3	48
ACTUADOR PRENSA 1	8	2	3	48
ACTUADOR PRENSA 2	8	2	3	48
ELECTROVALVULA RESISTENCIA	8	2	3	48
ACTUADOR RESISTENCIA	8	2	3	48
SISTEMA RESISTENCIA	6	2	3	36
CHASIS	9	1	3	27

### 6.2.1 RESULTADOS

A partir de la metodología AMEF obtuvimos algunos componentes críticos en la máquina, los cuales serán usados como punto de partida para el rediseño de esta máquina. Estos componentes en orden de criticidad son:

- Encoder:

Sistema de medición de longitud del cordón. Este puede presentar errores de medición debido a errores en la fabricación del disco usado para medir los pulsos, además se debe revisar la precisión del sensor usado para esta tarea.

- Sistema de cuchillas:

Encargado del corte de los cordones fabricados con algodón. Consta de dos cuchillas, una fija y otra accionada por un actuador neumático, que cortan el cordón por cizallamiento. Este sistema posee problemas de desgaste en algunas de sus piezas, ya que la idea no fue correctamente concebida, por lo tanto existen errores de tolerancias y algunos de sus componentes no son los más adecuados.

- Prensa 1 y 2:

Sistema encargado de prensar el cordón para realizar el corte en caliente de los cordones fabricados en polyester. Este consta de dos prensas accionadas por un par de actuadores neumáticos. Los materiales seleccionados para las prensas no son los adecuados debido a que sufren un alto desgaste con el tiempo, hasta el punto de fracturarse.

- Sensores de fin de carrera:

Sensores que determinan si se presenta algún nudo en el cordón que está siendo bobinado, este tipo de sensores pueden no ser los más adecuados para esta tarea debido a que se puede presentar un desgaste en sus componentes.

- Cabezal móvil:

Es el encargado de guiar el cordón dependiendo del tipo de corte a realizar, ya sea en frío o en caliente. Se presenta un atrancamiento ya que en la fabricación de esta pieza no fueron tenidas en cuenta las tolerancias mínimas para que este se pudiera desplazar.

- PLC:

Es el encargado de la automatización de la maquina. No se conoce a profundidad como fue programado, por lo cual se deberá programar de nuevo de acuerdo a los nuevos diseños.

## 7 GENERACION DE ALTERNATIVAS

Luego de hacer el análisis AMEF obtuvimos los componentes más críticos para cada una de las maquinas, en estos puntos específicos es donde concentraremos todo nuestro esfuerzo en este rediseño, ya que es allí donde está la solución a los problemas que tienen estas dos maquinas.

Para esta etapa nos basaremos en el análisis funcional de estas dos maquinas con el fin de descomponer la maquina en sus funciones y sub-funciones, para poder tomar decisiones acerca de los portadores de estas funciones para poder así mejorar su diseño.

Comenzaremos con el análisis de caja negra, para determinar cuáles son las entradas y salidas del diseño y así facilitar el proceso del análisis funcional. De este punto pasaremos a la estructura funcional con la cual conoceremos cada una de las sub-funciones del proceso y poder definir cuales portadores o componentes pueden cumplir con cada una de las tareas, con lo cual podemos desarrollar nuevas soluciones y optimizaciones del proceso (Pahl & Beitz, 2007).

Con el fin de tener la información de cada una de las sub-funciones y la definición de los componentes para cada una de ellas, se realizara la matriz morfológica, mediante la cual se seleccionaran las diferentes rutas de diseño posibles, y de las cuales se seleccionara la más factible y adecuada.

En la matriz morfológica solo se propondrán variaciones en los portadores de las funciones que definimos como criticas para cada una de las maquinas a partir de la metodología AMEF, ya que la idea es solucionar los problemas que tienen las maquinas sin necesidad de construir una nueva.

Para hacer la selección de los portadores de función de esta matriz morfológica haremos uso de algunos métodos convencionales tales como; la revisión bibliográfica y el análisis de sistemas técnicos conocidos. De igual forma también haremos uso de la lluvia de ideas como método intuitivo y como método deductivo haremos uso de una herramienta muy importante como lo es el uso de catálogos de diseño. (Bravo, 2010-1)

A continuación presentaremos para cada una de las maquinas todo el proceso descrito anteriormente, apoyándonos en dibujos, esquemas y tablas.



## 7.1 BOBINADORA

Ilustración 12. Caja negra bobinadora

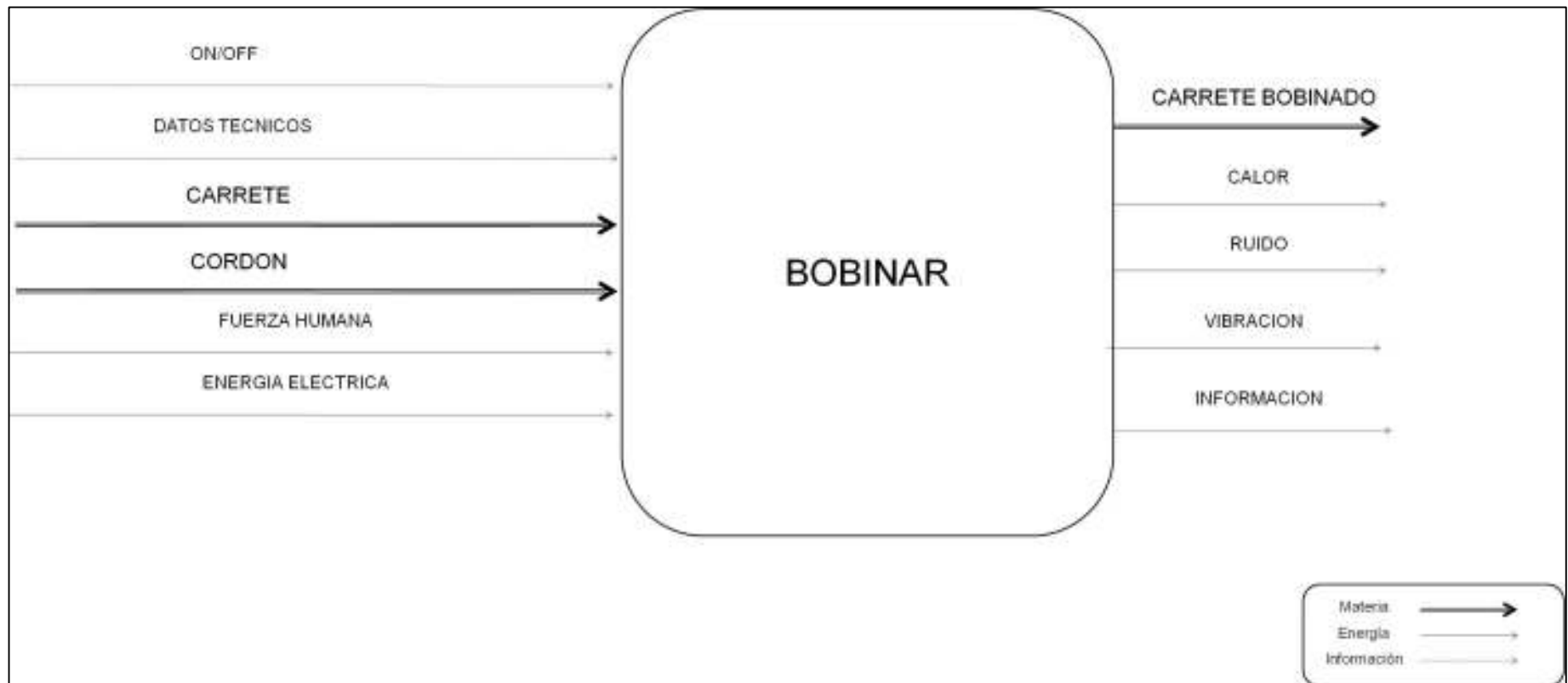


Ilustración 13. Estructura funcional bobinadora

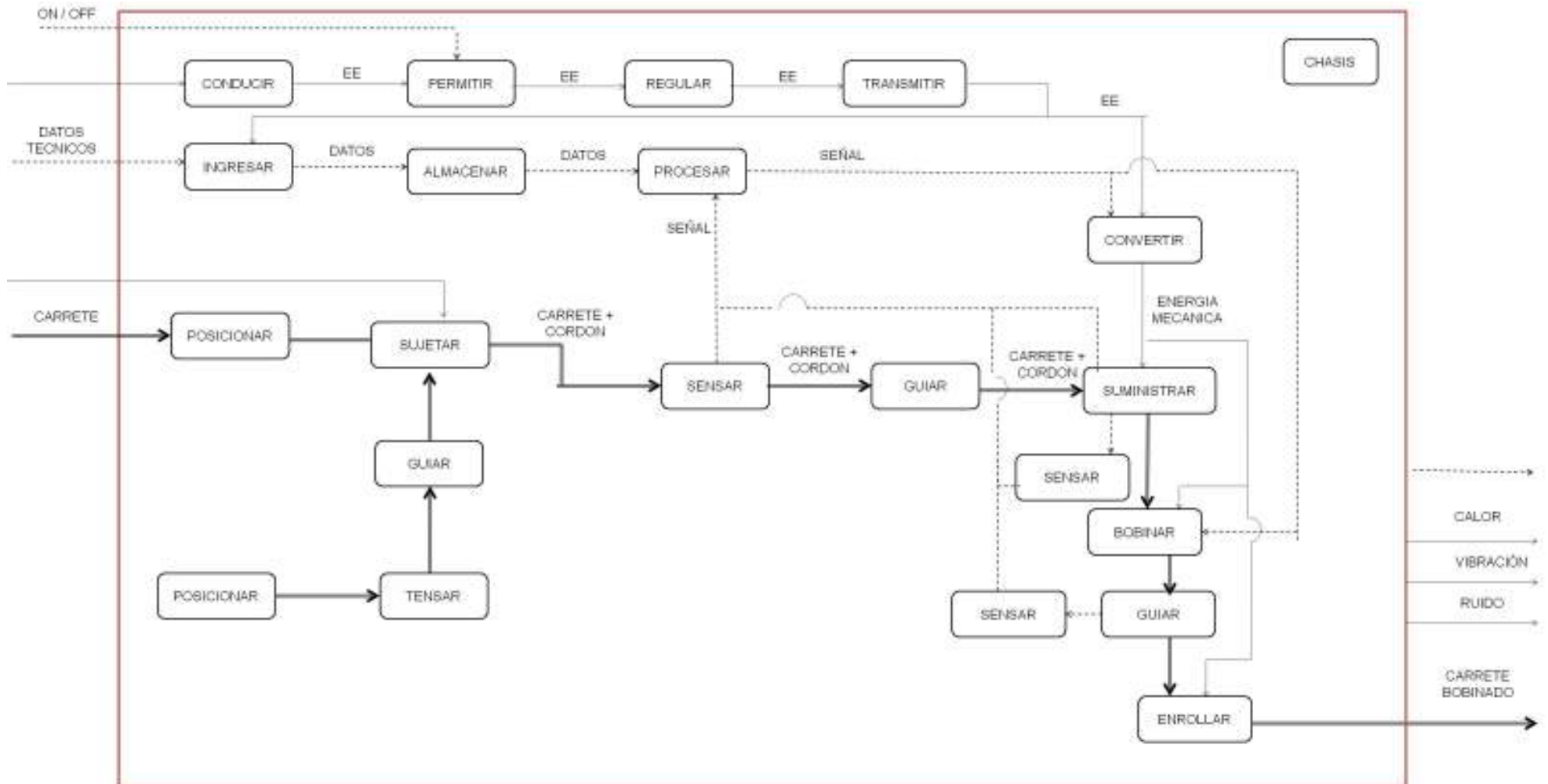













Tabla 8. Matriz morfológica Bobinadora

SOLUCIONES FUNCIONES	1	2	3	4	5	6
CONDUCIR Energía Eléctrica	Cables 					
PERMITIR Energía Eléctrica	PLC 					
REGULAR Energía Eléctrica	PLC 					
TRANSMITIR Energía Eléctrica	Cables 					
INGRESAR Datos Técnicos	PLC 					
Almacenar Datos Técnicos	PLC 					

PROCESAR Datos Técnicos	PLC 					
POSICIONAR Carrete	Manualmente 					
SUJETAR Carrete	Succión 	Mordazas 	Magnético 	Eje + Tornillo 	Abrazaderas 	Chaveta 
POSICIONAR Cordón	Manualmente 					
TENSAR Cordón	Platos resorte + 	Sistema de poleas 	Tensor de palanca 			
GUIAR Cordón	Poleas 					
SENSAR Cordón (Nudos)	Sensor fin de carrera 	Sensor óptico 	Interruptor de contacto 			

GUIAR Cordón	Ojal 					
CONVERTIR Energía Eléctrica En Mecánica	Motor 					
SUMINISTRAR Cordón	Carrete 					
SENSAR Cordón	Sensor de herradura 	Sensor óptico 	Sensor de material 			
BOBINAR Cordón	Paso a Paso 	Motor 	Actuador neumático 			
GUIAR Cordón	Bandas 	Tornillo sin fin 	Cadena 	Piñones 		
SENSAR Carro Guía	Sensor fin de carrera 	Sensor óptico 	Interruptor de contacto 			
ENROLLAR Cordón + Carrete	Motor 					

## 7.2 Cortadora

Ilustración 14. Caja negra Cortadora

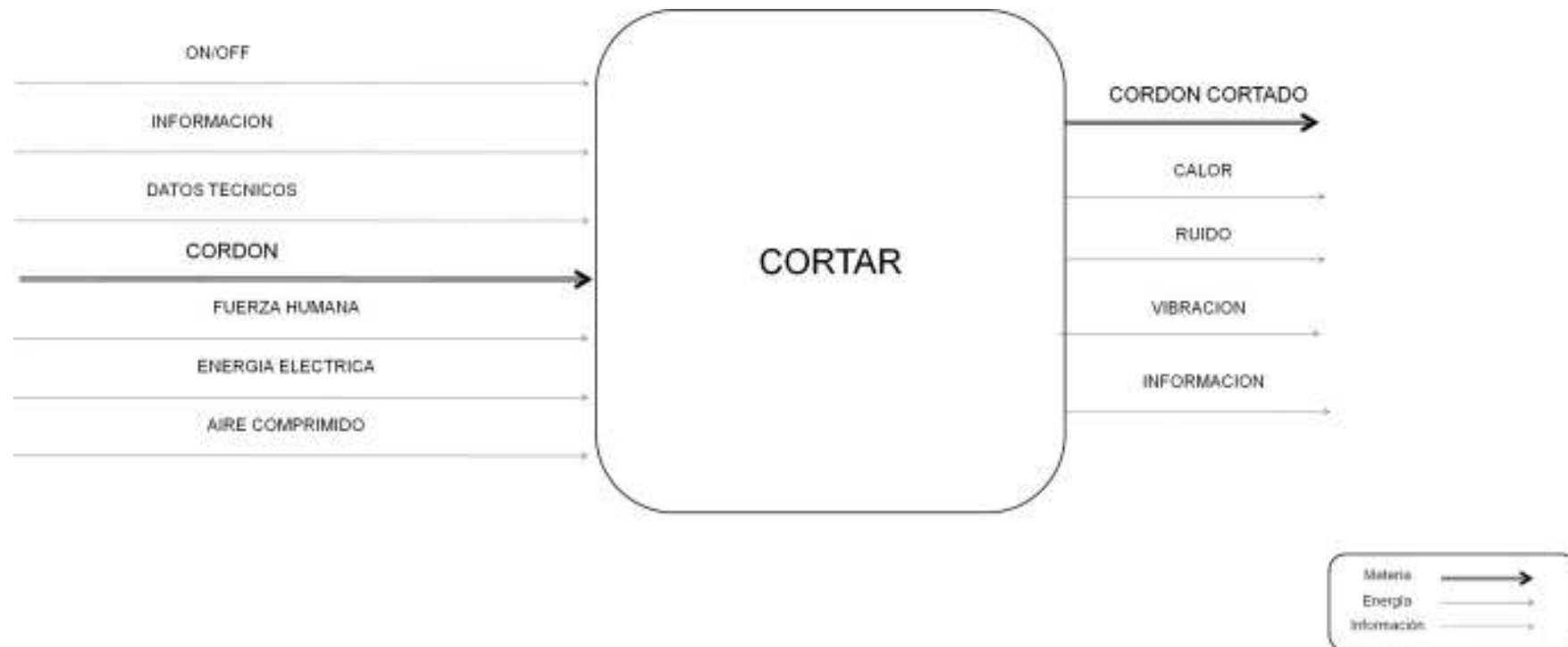


Ilustración 15. Estructura funcional Cortadora

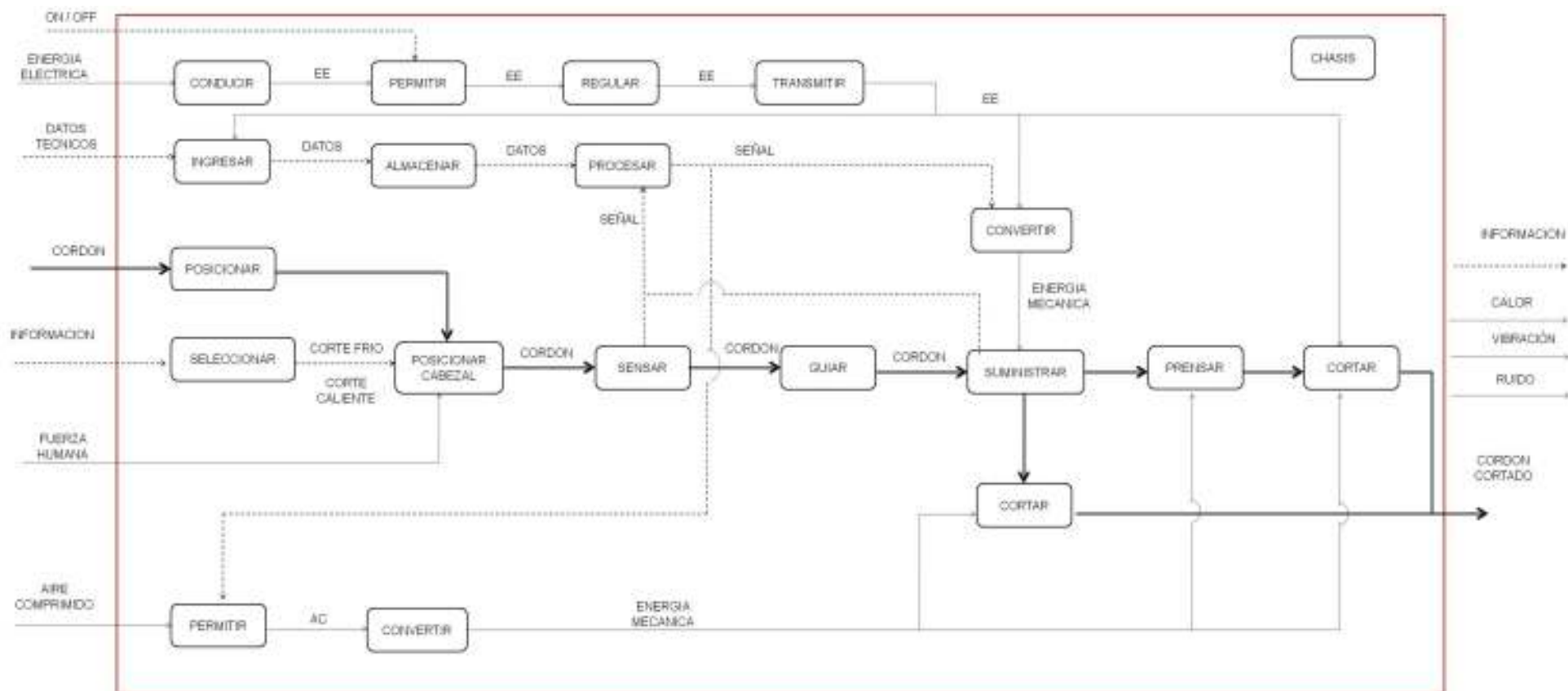


















Tabla 9. Matriz morfológica Cortadora

SOLUCIONES	1	2	3	4	5	6
FUNCIONES						
CONDUCIR Energía Eléctrica	Cables 					
PERMITIR Energía Eléctrica	PLC 					
REGULAR Energía Eléctrica	PLC 					
TRANSMITIR Energía Eléctrica	Cables 					
INGRESAR Datos Técnicos	PLC 					
Almacenar Datos Técnicos	PLC 					



PROCESAR Datos Técnicos	PLC 					
POSICIONAR Cordón	Manualmente 					
SELECCIONAR Tipo de corte	Mentalmente 					
POSICIONAR Cabezal móvil	Manualmente 	Motor 	Actuador neumático 			
SENSAR Cordón	Sensor fin de carrera 	Sensor óptico 	Interruptor de contacto 			
GUIAR Cordón	Tubos 					
CONVERTIR Energía Eléctrica	Motor 					

SUMINISTRAR Cordón	Carrete 					
PERMITIR Aire Comprimido	Electroválvula 					
CONVERTIR Aire Comprimido	Actuador neumático 					
CORTAR Cordón Corte frío	Cuchilla 					
PRENSAR Cordón	Prensa 					
CORTAR Cordón Corte caliente	Resistencia 					

### 7.3 RESULTADOS

A partir de la metodología de caja negra pudimos determinar cuáles son las entradas y salidas principales de las dos maquinas, con el fin de comprender más a fondo su funcionamiento. Partiendo de estas entradas y salidas se pudo generar la estructura funcional, la cual nos da una idea más específica de los diferentes procesos que se llevan a cabo dentro de la maquina. Con estas funciones hacemos uso de la matriz morfológica para determinar los portadores para cada una de estas funciones, para nuestro caso solo se generan diferentes alternativas de portadores, para los componentes críticos determinados a partir de la metodología AMEF, ya que si se generan portadores para todas las funciones se podría obtener un diseño completamente nuevo de la maquina, lo cual no es nuestro objetivo. (Pahl & Beitz, 2007)

Con la matriz morfológica obtuvimos diferentes portadores para las funciones que definimos como criticas, ya se deben evaluar las mejores rutas, teniendo en cuenta que este portador realice completamente la función y no afecte notablemente las otras funciones. En algunas funciones se conserva el portador del diseño anterior ya que a partir de un análisis que realizamos pensamos que este era el más indicado, ya que en lo que se debe hacer énfasis es en la configuración de este.

A continuación se presentaran los pre-diseños de algunas de las alternativas generadas a partir de las rutas elegidas en la matriz morfológica.

Estas alternativas surgieron a partir de lluvias de ideas, revisión bibliográfica y análisis de sistemas similares en la industria. Con ideas de algunas de estas propuestas se fue generando el diseño final para cada una de las maquinas. A continuación se presentaran algunas imágenes para cada uno de los diseños.

### 7.3.1 Alternativas Cortadora

Alternativas de rediseño para el sistema de cuchillas y de alimentación de la maquina cortadora modeladas en SolidWorks 2010.

Ilustración 16. Modelación Alternativa 1 Sistema de cuchillas Máquina cortadora

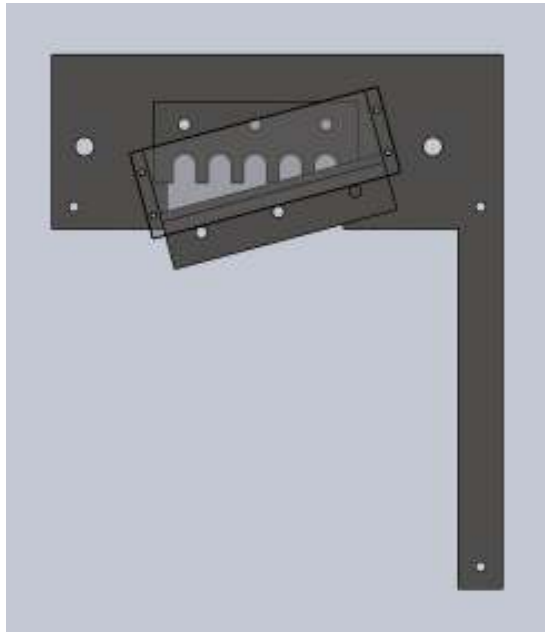


Ilustración 17. Modelación Alternativa 2 Sistema de cuchillas Máquina cortadora

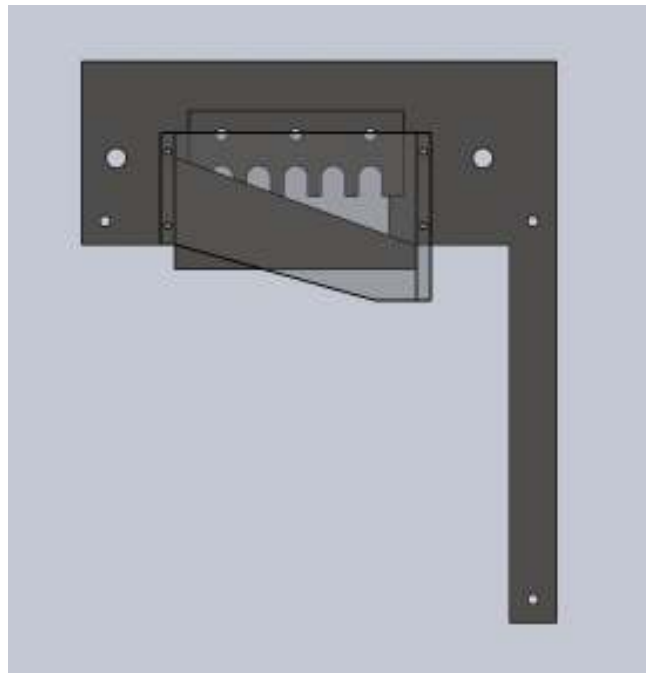


Ilustración 18. Modelación Alternativa 3 Sistema de cuchillas Máquina cortadora

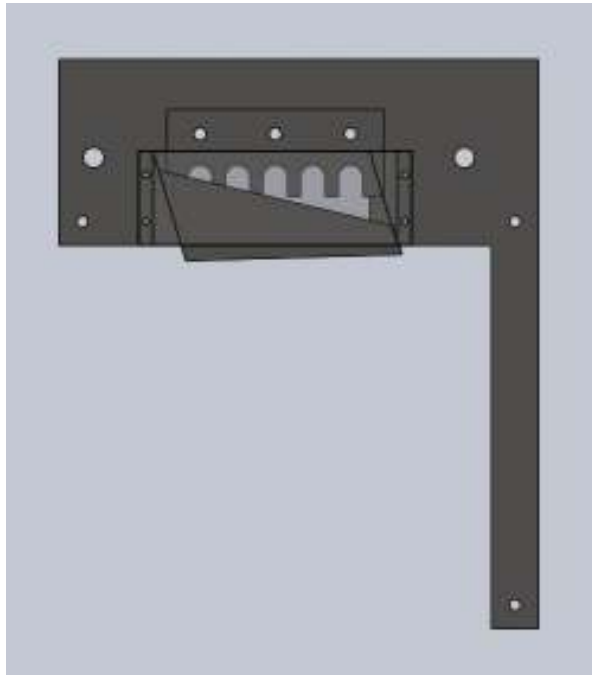


Ilustración 19. Modelación Alternativa 4 Sistema de cuchillas Máquina cortadora

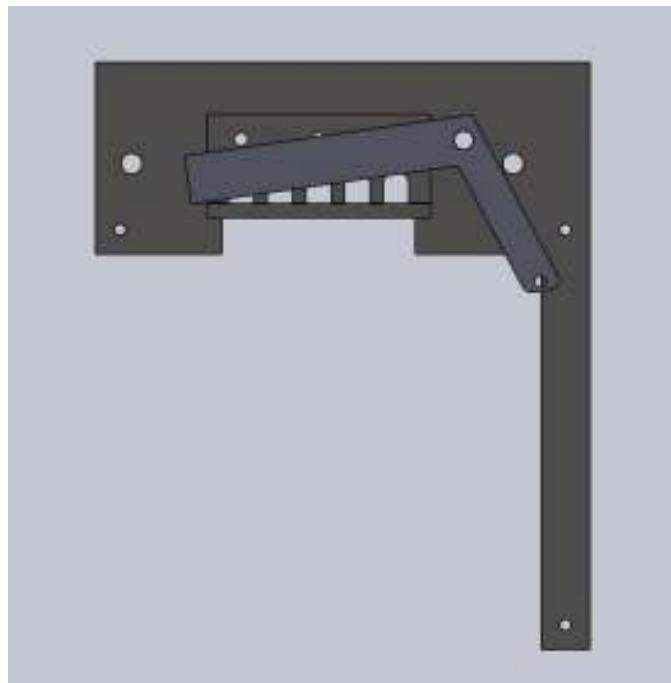


Ilustración 20. Modelación Rediseño Final Sistema de cuchillas Máquina cortadora

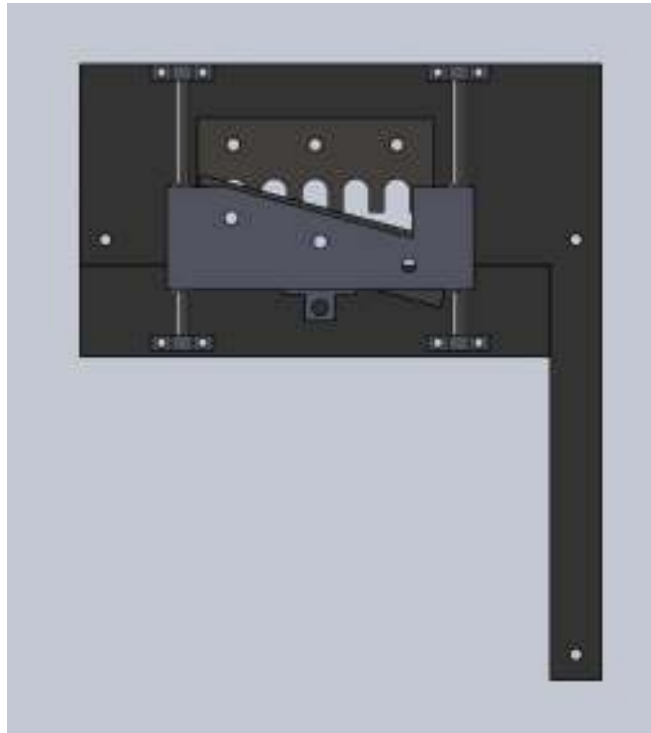


Ilustración 21. Modelación Rediseño Final Corte de Algodón Máquina cortadora

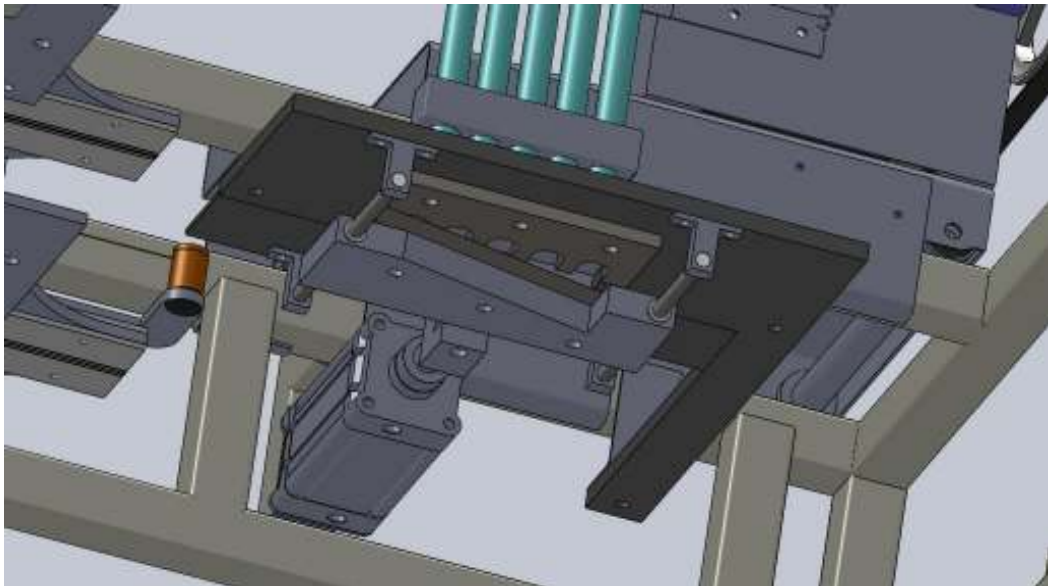


Ilustración 22. Modelación Rediseño Final Sistema de Alimentación Máquina cortadora

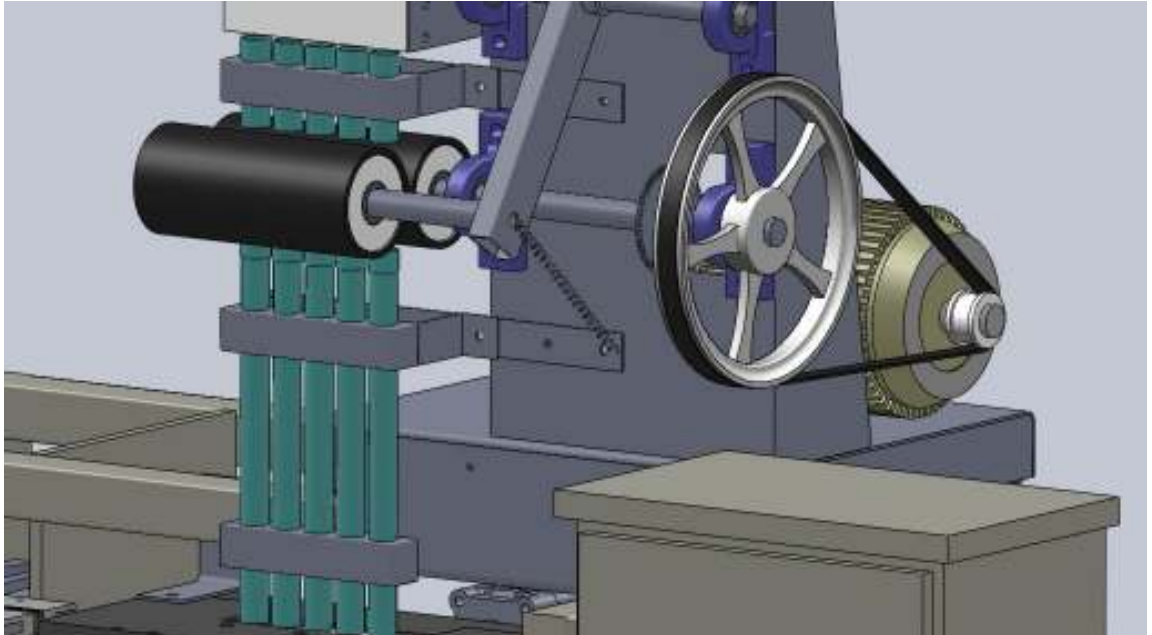


Ilustración 23. Modelación Rediseño Final Sujeción del Actuador Máquina cortadora

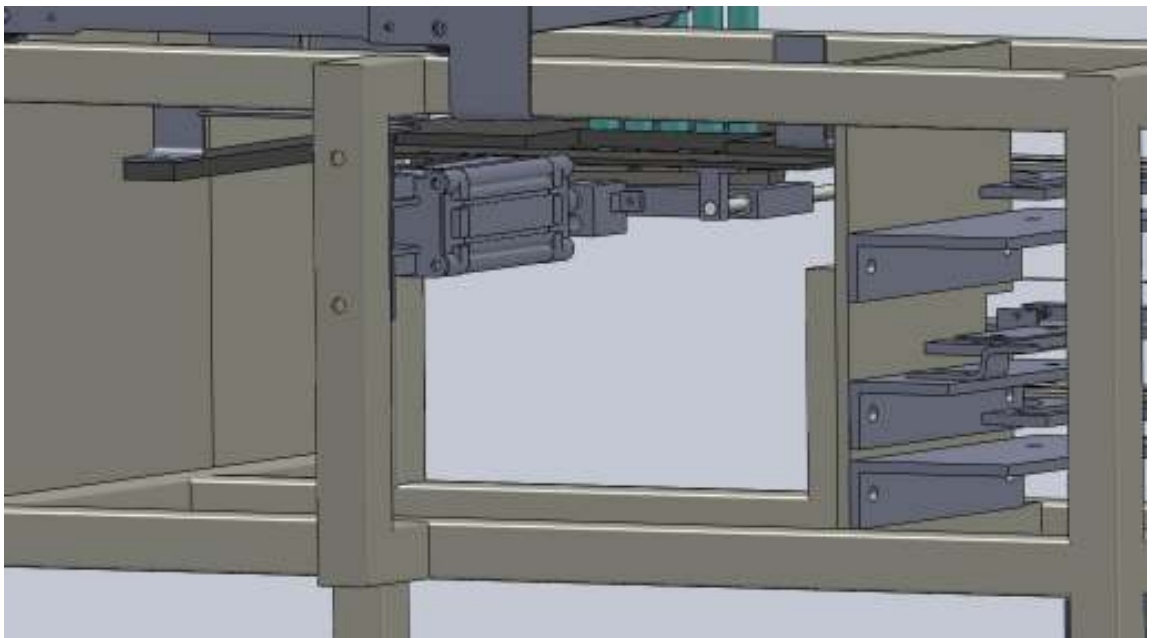


Tabla 10. Decisión de las alternativas Máquina Cortadora

ALTERNATIVAS	PROS	CONTRAS
1	Garantiza el corte uno a uno de los cordones	El corte en cizalla no es muy evidente, no es tan sencillo garantizar el ajuste
2	Garantiza el corte uno a uno de los cordones, y garantiza corte en cizalla	Existe la necesidad de maquinar una cuchilla nueva para esta geometría, además no garantiza el ajuste
3	Garantiza el corte uno a uno de los cordones, y garantiza corte en cizalla	Existe la necesidad de maquinar una cuchilla nueva para esta geometría, además no garantiza el ajuste
4	Garantiza el corte uno a uno de los cordones, y garantiza corte en cizalla	Existe la necesidad de conseguir una cuchilla más pequeña y no garantiza la durabilidad en el tiempo
5	Garantiza el corte uno a uno de los cordones, y garantiza corte en cizalla	Es algo complicado darle el ajuste, ya que cuenta con 8 tornillos para sujetar el sistema

### 7.3.2 Alternativas Bobinadora

Alternativas de rediseño para el sistema sujeción y guiado de la maquina cortadora modeladas en SolidWorks 2010.

Ilustración 24. Modelación Rediseño Final Sujeción del Carrete Máquina Bobinadora

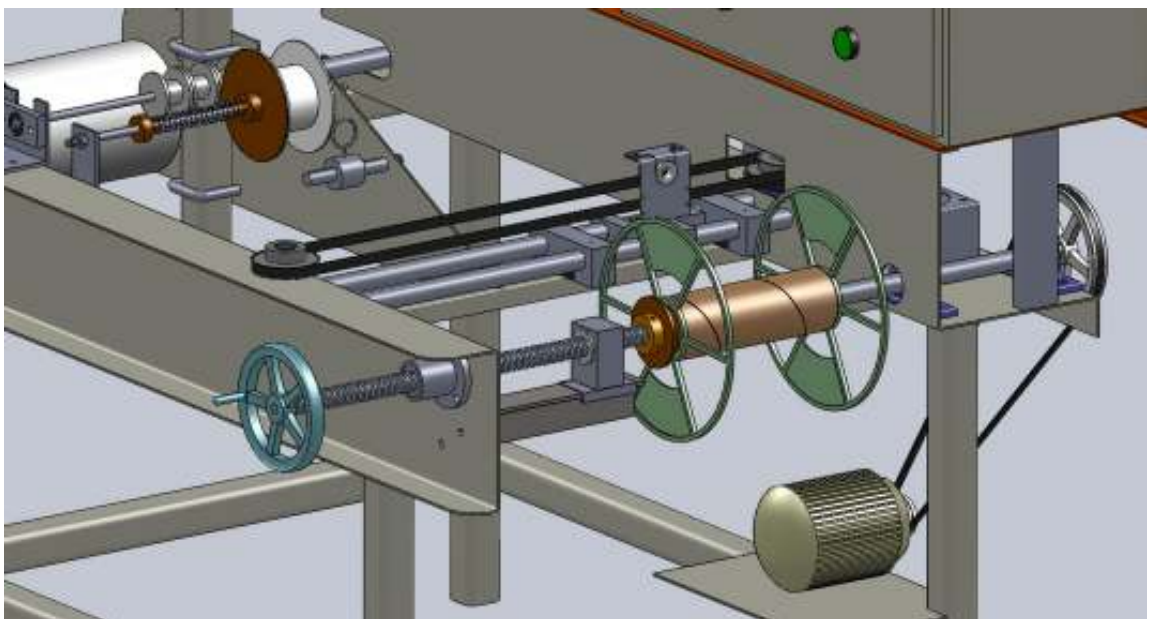
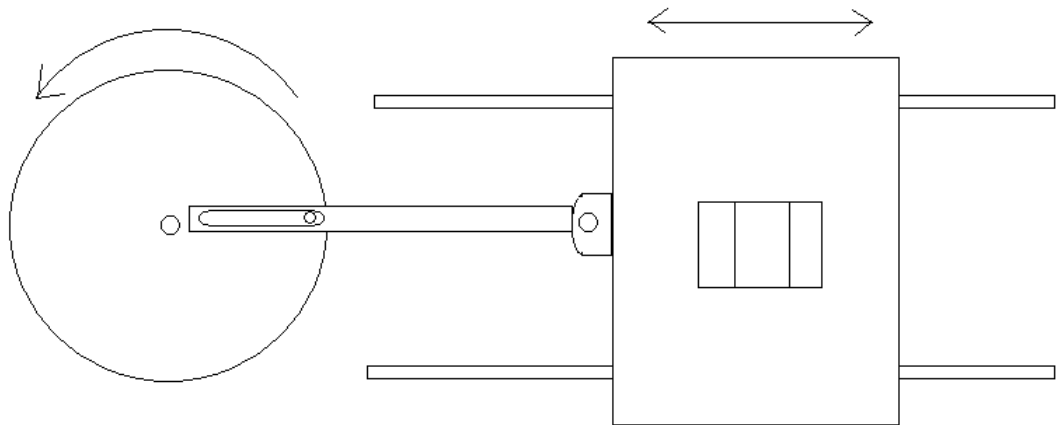




Ilustración 25. Esquema Alternativa 1 Sistema de bobinado Máquina Bobinadora



## 8 MAQUINADO DE LAS PIEZAS

Para el maquinado de las piezas se definió por completo el diseño final, allí se comenzó a definir las geometrías más adecuadas para el diseño, calibres y sistemas de sujeción a la maquina (chasis). (Shigley) Ya con todo esto definido se elaboraron los planos de taller para poder realizar cotizaciones del maquinado de las piezas con el fin de presentárselas a la empresa para que ellos tomaran la decisión de cuál era la cotización que más se ajustaba a su presupuesto. En este proceso de cotización pensamos en diferentes materiales para las piezas con el fin de reducir costos, sin dejar de pensar en la resistencia mecánica de estas de acuerdo a la función que cada una de estas cumple dentro de la maquina.

A continuación se presentaran los planos de taller de las piezas utilizadas en el rediseño de cada una de las maquinas.

### 8.1 MAQUINADO DE LAS PIEZAS CORTADORA

Ver anexo: Planos Cortadora

### 8.2 MAQUINADO DE LAS PIEZAS BOBINADORA

Ver anexo: Planos Bobinadora

## 9 PROGRAMACION DE LOS PLC

Las dos maquinas cuentan con un PLC para controlar las diferentes funciones. A continuación se hará un pequeño recuento de las funciones controladas por el PLC en cada una de las maquinas, el estado en el que se encontraba su programación y las variaciones que se hicieron.

Para la programación de estos PLC se uso el programa STEP 7 MicroWin.

### 9.1 PROGRAMACION CORTADORA

Esta máquina cuenta con un PLC encargado principalmente de permitir la comunicación entre el operario y la maquina, a partir del panel frontal, allí se puede definir la cantidad de cordones a cortar, la longitud y el tipo de fibra de estos, natural (algodón) o sintética (polyester), tiene el botón de inicio y de paro.

Este PLC controla casi todas las funciones de la maquina, controla el motor del sistema de pre alimentación, la señal del sensor del sistema anti nudos, el motor del sistema de alimentación, el cual está relacionado con la señal del encoder de medición de longitud, y el control de tiempo de las electroválvulas para los diferentes actuadores neumáticos.

Actualmente el PLC controla todas estas funciones correctamente, pero con el fin de optimizar un poco el proceso de corte se le hizo una pequeña variación al tiempo de accionamiento de las electroválvulas, se añadió un retardo para que el retorno de la cuchilla no fuera tan rápido y para permitir que el actuador recorriera su carrera totalmente. (Ochoa, 2010)

### 9.2 PROGRAMACION BOBINADORA

Esta máquina cuenta con dos PLC, al igual que la maquina anterior se tiene una comunicación entre el operario y la maquina, pero en esta se tiene un solo parámetro, la longitud del cordón a bobinar.

Con estos PLC se controla el motor de pre alimentación, el sensor del sistema anti nudos, motor del sistema de alimentación, señal del encoder de medición de longitud,

motor paso a paso para el sistema de bobinado, sensores del sistema de bobinado y el motor de alimentación del carrete.

Actualmente estos PLC controlan estas funciones correctamente.

## 10 PUESTA A PUNTO Y PUESTA EN MARCHA DE LAS MAQUINAS

Para llevar a cabo esta tarea seguimos una serie de pasos que nos ayudaron en este proceso. A continuación se presentaran los pasos mencionados anteriormente y para cada una de las maquinas se mencionaran algunas dificultades que se tuvieron y como se solucionaron.

### 10.1 MONTAJE Y ENSAMBLE:

En este paso es donde todas las piezas encajan y se interrelacionan entre sí para proporcionar la función para la cual ha sido concebida la maquina. De igual forma es allí donde se detectan los defectos de concepto en el diseño y de fabricación, lo cual genera inconvenientes en el momento del montaje.

Algunos de estos defectos son de diferentes tipos:

- Defectos que inciden en las operaciones de manipulación:
- Dificultad en la manipulación de las piezas.
- Dificultad en la referenciación de las piezas.
- Dimensiones o formas difíciles de manipular.
- Roturas en la manipulación o el montaje.
- Defectos que inciden en las operaciones de composición:
- Errores dimensionales y de forma.
- Elementos deformados.
- Tolerancias excesivamente críticas.
- Defectos que inciden en las operaciones de unión:
- Dificil acceso a los puntos de unión.
- Limitación en los movimientos para la unión.
- Ensamble incorrecto de las piezas.
- Contaminación de las superficies.
- Defectos que inciden en la funcionalidad y la calidad:
- Mal funcionamiento en los ensambles.

- Sujeción deficiente de las piezas.
- Dispositivos que se desajustan o que fallan.
- Dificultad de desmontaje (Disponibilidad).

## 10.2 TERMINACION MECANICA, INSPECCION.

Luego de realizar el montaje de todas las piezas, se debe hacer una inspección detallada de todas las piezas y componentes. Se debe verificar:

- Partes instaladas según planos.
- Partes móviles trabajen correctamente sin la aplicación de ninguna carga.
- Instrumentos y controles han sido calibrados y ajustados.
- Dispositivos operan dentro de una secuencia determinada.

## 10.3 PRUEBAS PREOPERATIVAS.

Antes de que la maquina entre en operación se deben realizar algunas pruebas con el fin de evitar algún problema como, fugas, sobrecalentamientos cuando la maquina entre en operación, esta es la última revisión antes de que la maquina entre en funcionamiento. Algunas de estas pruebas son:

- Limpieza y soplado de tuberías.
- Revisión de empaquetaduras y cierres mecánicos.
- Lubricación de componentes.
- Rodaje de compresores.
- Revisión y puesta en servicio de sistemas de control, regulación, emergencia.
- Revisión componentes eléctricos, sistemas de ventilación, neumáticos y/o hidráulicos, transmisión de potencia, sistemas de control.

## 10.4 PUESTA EN MARCHA.

Antes de que la maquina entre en operación se deben hacer pruebas en vacio, con el fin de identificar si los componentes cumplen un orden lógico predeterminado, de igual forma se chequea el funcionamiento de las partes móviles con cargas.

Luego de que los componentes estén funcionando correctamente, se hacen pruebas determinando las variables a medir para saber si el funcionamiento de la maquina es el correcto. Luego de determinar estas variables se debe calibrar los instrumentos para realizar estas mediciones y definir los intervalos de tiempo para toma de datos, luego de obtener los datos se comparan con los datos teóricos y se define si la maquina está trabajando correctamente.

En la puesta en marcha se pueden generar algunos errores, y se ha determinado que estos son causados por:

- Deficiencia de los equipos 60%.
- Defectos de diseño 10%.
- Errores de construcción 15%.
- Fallas de operación 15%.

De igual forma se han determinado algunos puntos clave para el éxito de una puesta en marcha, los cuales son:

- Experiencia.
- Organización.
- Planeación.
- Entrenamiento.
- Comunicación.

Para terminar con el proceso de puesta a punto y puesta en marcha existen dos puntos fundamentales, los cuales son el entrenamiento y el manual de operaciones.

En la parte del entrenamiento se debe instruir en primer lugar a los ingenieros, siendo esencial el entrenamiento del personal de mantenimiento, para que estos conozcan totalmente la máquina para facilitar cualquier intervención y en caso de ser necesario para poder generar las rutinas de mantenimiento preventivo y/o predictivo. Luego se debe supervisar a supervisores y operarios sobre el funcionamiento de la maquina, pasos a seguir para poner en marcha, restricciones y una instrucción acerca del auto cuidado de la maquina.

Luego del entrenamiento de las personas que puedan estar en contacto con la maquina es necesario crear un manual de operaciones de la maquina, para que

cualquier persona pueda ser entrenada sobre el funcionamiento de esta, y quede un registro escrito sobre la ficha técnica de la máquina. (Ver anexo Manual de operaciones) (Bravo, 2010-1)

#### 10.5 PUESTA A PUNTO Y PUESTA EN MARCHA CORTADORA

En el proceso de puesta a punto y puesta en marcha de esta máquina tuvimos algunos problemas de montaje, la mayoría de ellos ocasionados por errores dimensionales y tolerancias excesivas. Específicamente se presentaron inconvenientes en el ensamble entre las guías lineales (ejes), el porta cuchillas y los bujes, la tolerancia quedo muy justa por lo cual el desplazamiento no era completamente libre, por lo cual tuvimos que re trabajar los bujes para mejorar este deslizamiento.

También tuvimos una dificultad en el montaje del soporte del actuador neumático, debido a un error en el dimensionamiento de este soporte, ya que no era lo suficientemente rígido para soportar la fuerza del actuador.

Los otros inconvenientes encontrados en el montaje y puesta en marcha ya estaban previstos, tales como el ajuste de la cuchilla usando laminillas para graduar la posición, y la necesidad de enviar a afilar y rectificar la cuchilla para el correcto funcionamiento de la máquina.

#### 10.6 PUESTA A PUNTO Y PUESTA EN MARCHA BOBINADORA

Para la puesta a punto y puesta en marcha de la bobinadora tuvimos un problema en el momento de hacer las pruebas iniciales, ya que por desconocimiento de todos en la empresa y por la fatal de un manual de operaciones y una ficha técnica, no se sabía cómo era la alimentación eléctrica de la máquina, por lo cual debido a una mala conexión se quemo la fuente que regula la corriente, por esta razón tuvimos que enviar a reparar la fuente lo cual nos genero cierto retraso en el cronograma.

Luego de solucionar este percance no tuvimos más inconvenientes significativos, debido a la experiencia que obtuvimos con la máquina anterior.



## 11 CONCLUSIONES

Haciendo uso de algunas de las herramientas de las diferentes metodologías de diseño se nos facilitó el trabajo de rediseño de estas dos máquinas, ya que a partir de estas ayudas pudimos comprender mejor el funcionamiento de cada uno de los componentes y como se relacionan entre sí para llevar a cabo la función para las cuales fueron diseñadas estas máquinas.

A partir del método de análisis funcional pudimos descomponer la máquina en funciones y sub-funciones, a partir de las cuales se derivan los diferentes componentes de la máquina. Basándonos en la metodología AMEF y haciendo uso de estos componentes pudimos determinar los más críticos para cada una de las máquinas con el fin de orientar nuestro rediseño hacia estos componentes. En este caso no existió la necesidad de cambiar todos los componentes críticos, en algunos de ellos solo bastó con hacer unas pequeñas mejoras o ajustes para evitar el alto grado de criticidad que presentaban. Por otro lado en el resto de los componentes si tuvimos la necesidad de hacer un cambio o rediseño para devolverle la funcionalidad a las máquinas.

Con ayuda de la revisión bibliográfica pudimos definir algunos de los portadores de estos componentes, de igual forma pudimos encontrar algunas máquinas o componentes que realizan funciones similares con el fin de comenzar a definir nuestro diseño, basándonos en sistemas ya probados en el mercado.

Para el diseño o el rediseño de máquinas, productos o componentes, es de gran ayuda el uso de sistemas CAD, ya que a partir de estos podemos ver de forma muy aproximada nuestro diseño a la máquina real, facilitando así el dimensionamiento y ensamble de componentes, debido a que podemos ver en tiempo real la simulación de algunos movimientos entre las piezas, obteniendo así el mejor diseño y minimizando los errores de montaje debido al diseño.

La experiencia es un factor muy importante para el diseño y rediseño de máquinas, ya que es a partir de ella que las alternativas generadas son más acertadas y menos complejas de llevar a cabo.

Los sistemas de corte por cuchillas, requieren de una gran precisión y ajuste entre sus componentes para poder garantizar un corte suave y preciso, es por esta razón que para la maquina cortadora se requiere una excelente ajuste entre las dos cuchillas para poder garantizarle al cliente un corte preciso del cordón.

El sistema de bobinado requiere de una gran precisión ya que si el avance del sistema excede la longitud del carrete este se puede reventar debido a la presión generada por el cordón sobre las paredes del carrete. De igual forma se requiere de una buena sincronía entre la velocidad de giro del carrete y la velocidad de avance del sistema, para poder garantizar un bobinado de alta calidad.

Como modo de sugerencia, se le recomienda a la empresa que tenga ciertos tipos de cuidado sobre estas maquinas para poder garantizar la disponibilidad de estas. Se recomienda mantener las piezas móviles libres de suciedad y residuos generados por la producción de los diferentes tipos de cordones fabricados en la empresa, de igual forma se sugiere tener una rutina de lubricación sobre las piezas móviles para evitar su desgaste. Con respecto a la cuchilla se sugiere una inspección visual del filo de esta, y en caso tal que presente algún desgaste, se debe enviar a afilar y rectificar para garantizar el corte. Se recomienda de igual forma una inspección visual de los bujes de deslizamiento del porta cuchillas, para garantizar el correcto desplazamiento de este, a la empresa se le entregan los planos de todas las piezas, en caso de ser necesario el cambio de alguna de estas.

De igual forma se le sugiere a la empresa la adquisición de un compresor nuevo para la maquina cortadora, ya que con el que se cuenta actualmente está destinado a la maquina urdidora, por lo cual tiene un rango de operación de 60 a 80 PSI, muy por debajo de los niveles de operación requeridos para la cortadora, que son de 80 a 120 PSI. El compresor que se tiene se puede ajustar a los niveles de trabajo de las dos maquinas, pero sería necesario hacer este ajuste cada vez que se va a cambiar el compresor de máquina, lo cual podría generar daños o averías en los sistemas de la maquina con menor nivel de trabajo debido a una sobrepresión.

El objetivo de devolver las dos maquinas a su estado operacional se cumplió, gracias al rediseño de algunos de los componentes que estaban entorpeciendo la funcionalidad de todo el conjunto de piezas. Ya con estas dos maquinas trabajando y parcialmente automatizadas, la productividad de la empresa se incrementara, al poder liberar a los operarios que realizaban estas tareas de forma manual.

## 12 BIBLIOGRAFIA

- Blanco Barrera, I. (s.f.). *Unicrom*. Recuperado el 23 de Abril de 2010, de [http://www.unicrom.com/Tut\\_ProgramarPLC.asp](http://www.unicrom.com/Tut_ProgramarPLC.asp)
- Bravo, S. (2010-1). Diapositivas Diseño Metodico EAFIT. Medellin.
- Budynas, R., & Nisbett, K. *Diseño Ingenieria Mecanica*. Mcgraw-Hill.
- C. S. (s.f.). *Cordehilos S.A.* Recuperado el 20 de Abril de 2010, de <http://www.cordehilos.com.co/quienes-somos.html>
- De Neegard, M. (2006). *www.worldlingo.com*. Recuperado el 15 de Abril de 2010, de <http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/es/Shoelaces>
- Fernandez Bernal, J. M. (s.f.). *Euskal net*. Recuperado el 23 de Abril de 2010, de <http://www.euskalnet.net/j.m.f.b./neunatica.htm>
- Ochoa, G. (Agosto de 2010). (S. Gaviria De Bedout, & J. C. Palacio Arevalo, Entrevistadores)
- Ossa Espinel, G., & Moreno, L. A. (13 de Abril de 2010). Gerente. (S. Gaviria De Bedout, & J. C. Palacio Arévalo, Entrevistadores)
- Pahl, G., & Beitz, W. (2007). *Engineering Design: A systematic Approach*. Londres: Springer.
- RIUS. (s.f.). *RIUS*. Recuperado el 25 de Abril de 2010, de [http://www.rius-comatex.com/esp/maquinaria/cuerdas\\_cordones/ak1000.php](http://www.rius-comatex.com/esp/maquinaria/cuerdas_cordones/ak1000.php)
- RIUS. (s.f.). *RIUS*. Recuperado el 25 de Abril de 2010, de <http://www.rius-comatex.com/esp/maquinaria/enrolladoras/bobparalela.php>
- Sheffield. (s.f.). *Sheffield Cutting Equipment*. Recuperado el 25 de Julio de 2010, de <http://www.sheffieldcuttingequip.com/hot-cold.html>
- Shigley, M. *Diseño en Ingenieria Mecanica 3ª Edicion*. Mc Graw Hill.
- Wikipedia. (s.f.). *Wikipedia*. Recuperado el 23 de Abril de 2010, de <http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor>